

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ECONOMICA
Y CIENCIAS SOCIALES
SECCIÓN DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

“Las Opciones Reales como una herramienta de
evaluación idónea en proyectos de inversión
privada con flexibilidad operativa”

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER
EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

Alfredo Aguilar Córdova

Mario Arturo Maguiña Mendoza

Asesor: Mag. Javier Bueno Cano

Lima, Perú

2012

II DEDICATORIA

A nuestros queridos padres por sus desvelos y cariño.

A nuestros seres más añorados por ser el soporte de nuestros logros

A nuestros maestros por sus valiosas enseñanzas

III ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I:	8
1.1 El problema en investigación	8
1.1.1 Problema general -	8
1.1.2 Problemas específicos:	10
Problema específico N° 1:.....	10
Problema específico N° 2:.....	11
Problema específico N° 3:.....	11
1.2 Objetivos	12
1.2.1 Objetivo General (OG).....	12
1.2.2 Objetivos Específicos (OE).....	12
1.3 Importancia,	12
1.4 Limitaciones,	14
1.5 Alcance:	15
CAPITULO II: EL MARCO TEÓRICO:	16
2.1 Antecedentes,	16
2.2 Bases teóricas generales,	18
Tipos de VAN	23
Interpretación del VAN y criterio de decisión	24
Ventajas y desventajas del VAN	25
La Tasa Interna de Retorno (Tir)	26
Criterio de decisión de la TIR	26
Interpretación de la TIR	27
Tipos de tasa interna de retorno:	28

	Ventajas y desventajas de la TIR.....	28
	TIR múltiple	29
	El Valor Actual Neto Vs. La Tasa Interna De Retorno	29
	CONTRADICCIONES.....	30
2.3	Bases teóricas especializadas,.....	38
	2.3.1 Teoría de Las Opciones Reales.....	38
	2.3.1.1 Variables implicadas en las opciones Reales	40
	2.3.1.2 Los tipos de opciones reales.....	41
	2.3.1.3 FUNDAMENTOS DEL ENFOQUE DE LA OPCION REAL	47
	2.3.2 LAS OPCIONES: DEFINICIÓN Y TIPOS	49
	2.3.3 TIPOS DE OPCIONES REALES.....	53
	2.3.4 DETERMINACIÓN DE LA VOLATILIDAD DE LAS OPCIONES REALES	
	2.3.5 Opciones Financieras y Opciones Reales.....	57
	2.3.6 Los Proyectos de Inversión Como Opciones Reales.....	60
	2.3.7 Opciones Exclusivas Versus Opciones Compartidas.....	68
	APROXIMACIÓN AL VALOR TEÓRICO DE UNA OPCIÓN	72
	2.3.8 Teorías Estadísticas De Valoración.....	77
	METODO BINOMIAL.....	77
	METODO DEL MODELO DE BLACK Y SCHOLES.....	88
	Modelos Comparativos en la Práctica de Mercado.....	96
	SIMULACIÓN DE MONTECARLO	98
2.4	Hipótesis,.....	101
	HIPÓTESIS GENERAL (HG).....	101
	Hipótesis específica N° 1:	101
	Hipótesis específica N° 2:	102
	Hipótesis específica N° 3:	102

2.5	Variables y operacionalización	102
	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	103
2.6	Matriz de Consistencia	104
	CAPITULO III: Metodología:	106
3.1	Nivel de la investigación	106
3.2	Tipo y diseño de la investigación,	106
3.3	Población y Muestra,	108
3.4	Técnicas de recolección de los datos,	109
3.5	Validación y confiabilidad,	109
3.6	Técnicas de análisis e interpretación de los datos.	110
	CAPITULO IV: Análisis y Resultados de la investigación	111
4.1	Resultados de las variables:	111
	4.1.1 Valoración del Proyecto por el Descuento de Flujos de Caja a Través del Valor Actual Neto (Van).....	111
	4.1.2 Valoración por Opciones Reales: Simulación de Montecarlo	140
	4.1.3 Valoración por opciones Reales: Árbol de Decisión	145
	4.1.4 Valoración por Opciones Reales: Método Binomial	161
	MÉTODO BINOMIAL.....	172
4.2	Relación entre las variables	174
4.3	Contrastes con las hipótesis	175
4.4	Discusión de los resultados	177
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	180
5.1	Conclusiones	180
	RESUMEN DE VALORACIÓN DE ZELTIA POR	181
	DIFERENTES MÉTODOS	181
5.2	RECOMENDACIONES	183
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	185

IV RESUMEN

En este estudio se demuestra que las opciones reales es una metodología que permite valorizar correctamente los proyectos de inversión privada con flexibilidad operativa en comparación con la metodología tradicional de los flujos de caja descontados

El método empleado en el presente trabajo de investigación es el inductivo a partir del análisis de la información económica financiera de la empresa PharmaMar la empresa más influyente en el Holding Zeltia dedicada al desarrollo de la actividad Químico- Farmacéutico.

Con la aplicación de la metodología de Evaluación de proyectos de inversión privados mediante Opciones Reales y aplicando técnicas como Árboles de decisión, Método Binomial y Simulación de Montecarlo se obtuvieron las siguientes valoraciones del Holding Zeltia:

- Valorización a través de la metodología del Flujo de caja descontado €5.17 por acción
- Valorización a través del método de la Simulación de Montecarlo €5.92 por acción
- Valorización a través del método del Árbol de Decisión €5.64 por acción
- Valorización a través del método Binomial €6.01 por acción
- Valorización del Mercado (cotización Bolsa de valores) €5.91 por acción.

Con estos resultados se demuestra que las metodologías de Opciones Reales conllevan a precios de la acción con varianza cercana a cero respecto al precio de mercado de la acción contrastando con la infravaloración de la empresa mediante los flujos descontados, pues el precio de la acción por este método es menor en 12.52% a su precio de mercado; mientras

INTRODUCCIÓN

La expresión “un proyecto como estudio no termina con la evaluación, sino cuando deja de ser evaluado” infiere nuestro interés por el aspecto de la evaluación de los Proyectos de Inversión de perfil privado. La formulación de un proyecto conlleva grandes esfuerzos de diseño del estudio, formulación de objetivos, aplicación de métodos, recopilación de información, análisis y finalmente un trabajo técnico de gabinete correspondiente a la evaluación de proyecto ameritando la profundización de la metodología de evaluación, el sustento de los supuestos y la lógica de la tasa de actualización de los flujos.

Ir a la joyería, elegir una prenda de oro y adquirirla es un proceso doméstico comparado con el inmenso proceso de extraer, procesar, trasladar, refinar el mineral, darle finalmente fastuosidad y belleza con el trabajo del artesano; análogamente un proyecto a merced de un ejecutivo de cuentas implica la interpretación rutinaria, casi memorística de los indicadores de evaluación y por ende finalmente un trabajo funcional de rutina (por cierto importante como el de elegir el criterio por el cuál se adquiere la joya adecuada) frente al proceso de desarrollo de los indicadores de evaluación llevado a cabo por el proyectista, quien ha plasmado la sapiencia de sus conocimientos con el riesgo de generar controversia por reflejar criterios de teorías siempre discutibles por el propio proceso de evolución de las mismas. El proceso de extracción del oro no tiene relevancia sin el trabajo del artesano, por analogía el gran esfuerzo del formulador de un proyecto no tiene relevancia sin la aplicación del intelecto del evaluador, esto ha despertado un interés casi apasionado por profundizar y ampliar las fronteras metodológicas de evaluar los proyectos de inversión para contribuir al proceso natural de evolución en el desarrollo y aplicación de teorías para la toma de decisiones de inversión importantes en un contexto incremento de la volatilidad de los flujos base de la evaluación de proyectos.

Particularmente el crecimiento productivo con sostenimiento desde inicios del presente siglo en el Perú en sectores como minería, agricultura, telecomunicaciones, energía, infraestructura, etc., implican una actividad dinámica en la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión, actividad sin correlación con el desarrollo de investigaciones sobre la mejora de métodos de evaluación para tomar decisiones sostenibles, sin sesgos naturales en los criterios de evaluación. Ello conlleva al interés por tematizar la evaluación de proyectos de Inversión.

CAPITULO I:

1.1 El problema en investigación

1.1.1 Problema general.-

El mayor problema que afronta técnicamente la evaluación de los proyectos de inversión es la metodología de evaluación, sin lugar a dudas rezagada frente a los cambios recurrentes en el mundo de las inversiones, a la cada vez mayor complejidad que enfrenta el ser humano para satisfacer necesidades axiomáticamente infinitas y a las mayores exigencias de encarar distintas naturalezas de riesgos de inversión, entre ellas el componente de riesgo teórico del desarrollo de indicadores; este rezago deviene la disminución del grado de confiabilidad de los criterios de los indicadores de evaluación.

En buena cuenta, el principal problema radica en que la metodología de valoración de proyectos tradicional no permite incorporar la FLEXIBILIDAD OPERATIVA, entendida como la flexibilidad de poder realizar un proyecto ahora, o más adelante, o no hacerlo, inclusive contemplar oportunidades de crecimiento contingentes.

La metodología tradicional de evaluación de un proyecto es la de valorización de sus flujos utilizando el VAN; históricamente el VAN es un indicador surgido para evaluar bonos, instrumentos de deuda caracterizado por su alta estandarización al contener flujos temporalizados, con tasas de rendimiento ciertos, colaterales reales, libres de riesgo, emisores confiables, etc. otorgando a los bonos, flujos ciertos y libre de riesgo.

Los proyectos de inversión, visto desde un amplio espectro pertenecen a de diversos géneros, pertenecen a distintos sectores, y surgen como respuesta a resolver una problemática, u aprovechar una oportunidad de mercado, en contraste a los bonos; los proyectos no son estandarizados, sus flujos en particular son de diversa temporalidad, las tasas de rendimiento corresponde a su esperanza matemática en particular, los inversionistas son de diversa aversión al riesgo, sus colaterales generalmente son sobrevaluados por sus

inversores e infravalorados por sus financistas, todo ello deviene en proyectos con flujos diversos, en algunos casos con intertemporalidad y consecuentemente con flujos particularmente diferentes, sin embargo el VAN se viene aplicando históricamente en la evaluación de todo proyecto.

La complejidad de la evaluación de inversiones empresariales la hace inclusive polémica, pero aun así, es un elemento importante en el mundo de los negocios, el no poder ser capaces de realizarla implica no poder comparar el valor de las inversiones por modelos de valoración versus y el valor de mercado o precio que ostenta la objetividad del justiprecio del mercado con su dinámica oferta - demanda.

El Perú requiere del ajuste de la metodología tradicional de valoración de los proyectos de inversión por cuanto la sostenibilidad macroeconómica del país implica; múltiples oportunidades debido a que el Perú es un país de diversidades geográficas, sociales, ambientales, y sociales, las que generan las llamadas “flexibilidades operativas” en las inversiones, prueba de ello es que inversionistas posicionados en el negocio de los supermercados hoy tienen capitales diversificados en proyectos reales relacionados con el agro, las finanzas y otros rubros distintos, por ello la necesidad de aplicar modelos alternativos al tradicional Valor Actual Neto (VAN) para mejorar la valorización de estas inversiones.

Otras experiencias en nuestra labor profesional en rubros de proyectos mineros polimetálicos y en laboratorios farmacológicos con gran diversificación de productos y de gran expansión geográfica indican que las valorizaciones con la metodología del VAN tradicional son ineficientes precisamente porque con esa metodología existen componentes en el modelo que no contemplan las diferentes opciones (alternativas) que por la naturaleza de estas inversiones se presentan.

Existen varios factores implicados en la evaluación de proyectos de inversión, pero el problema es identificar el factor relevante en esta problemática

¿La metodología de evaluación tradicional permite valorizar correctamente proyectos de inversión con flexibilidad operativa?

1.1.2 Problemas específicos:

Problema específico N° 1:

¿La tasa de descuento única, conocida, constante, invariable en el tiempo, es una tasa cierta y útil para la valorización de proyectos con flexibilidad operativa?

Sustento:

En detalle la evaluación tradicional de los proyectos de inversión privada se basa en el descuento de los flujos de caja netos a efectos de hallar el valor actual, ello implica utilizar un factor de descuento determinado por el Costo de oportunidad del inversionista, el costo financiero, el riesgo implícito y el número de períodos que comprenda el flujo

Los proyectos de inversión se formulan convencionalmente con un Flujo de Caja Neto que expresa la diferencia entre los Ingresos y Egresos a precios corrientes, estos flujos en el tiempo no son evidentemente uniformes, ni reflejan valores constantes; de serlo, matemáticamente, su descuento tendría mayor lógica. No reflejan valores constantes por cuanto los valores monetarios en distintos períodos de tiempo tienen distintas oportunidades de uso y de otro lado si existe inflación estos flujos se desvalorizan con el paso del tiempo, esa es la razón de su actualización mediante un factor de descuento

El factor de descuento comprende la tasa de descuento, esta tasa puede resultar tan sencilla como compleja, en ambos casos esta tasa adopta el supuesto de ser constante en el tiempo, este supuesto no es previsor de inversiones adicionales, de costos de oportunidades distintos en el tiempo, de decisiones gerenciales que en la etapa de ejecución del proyecto difieran del de su planeamiento.

Esta metodología operará con relativa eficacia en una decisión única en la que imaginaríamos el tiempo congelado aritméticamente.

No así en los tiempos actuales caracterizados por la versatilidad económica, política y social implicando cambios constantes complejos y diversos que a su vez generan flexibilidad en las operaciones empresariales y hacen imprecisa e incierta su valorización

Problema específico N° 2:

¿El VAN tradicional incorpora las distintas opciones de la inversión?

Sustento:

El método del valoración mediante el VAN tradicional los flujos descontados se suman aritméticamente sin considerar las distintas vidas útiles de los activos del proyecto, ni los cambios de legislación que dan oportunidades de depreciación acelerada u otras consideraciones a los activos como la rotación exponencial de la tecnología que obligan a reinversiones de activos físicos, asimismo no considera el probable incremento de la valoración de los activos intangibles del proyecto que en una eventualidad de ser cierta previsiblemente cuestiona desde ya la valoración de todos los activos por el método tradicional del VAN.

Problema específico N° 3:

¿El cálculo del VAN sin la incorporación de aleatoriedad valora con certeza el proyecto?

El método tradicional de evaluación se realiza sobre el flujo de caja libre y el factor de descuento no contiene probabilidad alguna por cuanto actúa bajo el supuesto de que la inversión se realiza inmediatamente y no comprende las distintas opciones en el marco de la volatilidad y riesgo en el que acontecen las inversiones, por lo tanto no son útiles cuando se presentan proyectos que se caracterizan por afrontar flexibilidad operativa, ante ello se cuestiona su certeza y confiabilidad

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General (OG)

Demostrar que la metodología de las Opciones Reales es una herramienta idónea para valorizar correctamente los proyectos de inversión privada con flexibilidad operativa

1.2.2 Objetivos Específicos (OE)

Objetivo específico N° 1. Demostrar que la tasa de descuento múltiple, variable en el tiempo, es una tasa cierta y útil para la valorización de proyectos con flexibilidad operativa

Objetivo específico N° 2: Demostrar que el VAN ampliado puede incorporar la valorización de todos los activos que generan valor al proyecto.

Objetivo específico N° 3 Demostrar que la incorporación de la aleatoriedad en la valoración de proyectos de inversión conduce a un valor de mayor certeza

1.3 Importancia,

En América latina es poco difundido esta metodología de evaluación de proyectos por opciones reales.

Generalmente las investigaciones van paralelas al crecimiento de los países, y en las últimas décadas **América Latina** ha registrado un modesto crecimiento, salvo economía Chilena que ha crecido con sostenimiento en promedio en un 6% ¹

Las opciones reales han tenido dificultades en ganar adeptos en **Europa** La mayoría de evaluadores y analistas financieros creen que el método sobrevalora los proyectos riesgosos.

A pesar que esta preocupación es legítima, consideramos que abandonar las opciones reales como un modelo de valoración no es la solución en la medida que esta metodología va tomando consistencia en un segmento de inversiones con elevadas volatilidades para las que los métodos tradicionales no son suficientes por lo extremadamente lineal y sencillo. Las empresas que sólo confían en el

¹<http://www.zonaeconomica.com/chile/crecimiento>

análisis del flujo de caja descontado subestiman el valor de sus proyectos y podrían errar en invertir en oportunidades inciertas, pero con altas probabilidades de rentabilidad. Por lo demás es equivoco considerar esta metodología como algo excluyente y sustituta, las opciones reales con un complemento esencial, y el valor total de un proyecto deberían incorporar ambos. El flujo de caja descontado estima el valor como si los beneficios fueran “lineales”; las opciones reales en cambio toman en cuenta el potencial para grandes ganancias. Sin embargo la importancia de la metodología de evaluación de las opciones reales se torna interesante en razón de que éstas intentan mejorar la evaluación de los proyectos pero esto no quiere decir que no existan problemas con las opciones reales. Estudios en **Norteamérica** indican que “Tal como se utiliza ahora, se centran casi exclusivamente en los riesgos asociados a los ingresos, ignorando los riesgos relacionados con los costos de un proyecto. También es verdad que la valoración de opciones casi siempre ignora los activos que una inversión inicial de un proyecto queda luego subsiguientemente abandonado, esta óptica se sustenta en los análisis”²

Particularmente en el Perú no existe aplicaciones serias y en medios académicos es una temática casi desconocida; existe un ensayo en el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico sobre “Evaluaciones de Inversiones en Mercados Emergentes”³ que podría considerarse como un aporte a la mejora de la evaluación de proyectos desde la perspectiva del riesgo mal tratado en la evaluación tradicional al basarse esta sobre mediciones de riesgos con información insuficiente por la limitada disponibilidad de data y en todos los casos por basarse en datos distorsionados debido a la gran asimetría de la estadística debido a la poca participación de valores líquidos en el mercado de valores; este ensayo es un indicador de que en América Latina se va entendiendo la Limitaciones de los mecanismos de evaluación tradicional y la necesidad de superarlo, por ello es relevante esta propuesta y se justifica al:

- Mejorar la evaluación de los proyectos de inversión
- Disminuir las objeciones a la metodología tradicional de evaluación

²Alexander B. van Putten e Ian C. MacMillan Harvard Business Review América Latina

³Jesús Tong Documento de trabajo 55 del Centro de Investigaciones de la Universidad del Pacífico - 2005

- Permitir a los inversionistas tomar decisiones seguras
- Aportar en el plano académico

1.4 Limitaciones,

Las limitaciones a la presente tesis son relativas a:

- Acceso a la información.- en el Perú el acceso a estudios relativos a las valoraciones de proyectos de inversión privada por su naturaleza son restrictivas, y entre las bibliotecas de las universidades públicas y privadas no existen hemerotecas de proyectos de inversión, solo existen publicaciones resúmenes de proyectos que obviamente son trabajos no aportantes a este tipo de investigaciones.

Solo existen publicaciones registradas de proyectos públicos en el SNIP, cuyos contenidos se caracterizan por una rigidez subordinada a la normatividad estatal haciéndolos proyectos fuera del alcance de la condicionalidad de flexibilidad operativa que requiere esta investigación.

- Limitación de investigaciones.- en realidad las investigaciones sobre “Las Opciones Reales” en el Perú están en su etapa de introducción a nivel de postgrado.
- Limitaciones metodológicas.- la aplicación de una metodología basada en la valoración de opciones financieras a la valoración de activos reales implica una serie de supuestos y problemas teórico-prácticos entre los que se pueden identificar:

1. Dificultad para definir los parámetros necesarios para valorar las opciones reales.
2. Dificultad para definir y cuantificar la volatilidad de las fuentes de incertidumbre.
3. Dificultad para calibrar la exclusividad de la opción. Asimismo, la dificultad de replicabilidad o creación de un sintético de la opción financiera sobre la base de los activos subyacentes de la opción real en el mercado Latinoamericano.

Estos tres factores hacen que la valoración de las opciones reales sea difícil pero no imposible de obtener. Adicionalmente, es mucho más complicado comunicar la valoración de las opciones reales que la de un proyecto de inversión ordinario debido a su mayor complejidad técnica.

1.5 Alcance:

La presente investigación comprende el estudio de la empresa Zeltia

Zeltia es un holding que desarrolla su actividad en el sector químico-farmacéutico, Su actividad está basada en la biotecnología,

Comprende un grupo de empresas conformado por:

- Neuropharma
- PharmaMar (antitumorales de origen marino),
- Noscira (fármacos para enfermedades neurodegenerativas),
- Sylentis (fármacos basados en silenciamiento genérico - RNAi),
- Zelnova (insecticidas, ambientadores),
- Xylazel (productos de protección de la madera) y
- Genomica (análisis molecular).

De todo el Grupo Zeltia la empresa más importante es PharmaMar que está presente los sectores Biotecnológico y Sector Químico. Esta empresa explica prácticamente la totalidad de la valoración bursátil de Zeltia.

Centramos nuestro análisis por tanto en la actividad de biotecnología. PharmaMar se dedica a investigar compuestos de origen marino para su aplicación en medicamentos oncológicos, y particularmente en tumores.

Toda la información financiera de PharrmaMar ha sido sometida a estudio para explicar la valoración óptima de sus proyectos en la perspectiva de las opciones reales

CAPITULO II: EL MARCO TEÓRICO:

2.1 Antecedentes,

La teoría de las Opciones Reales fue creada por el profesor **Stuart Myers** (1977) de la SloanSchool of Management para dar respuesta a la necesidad de acercar el **planeamiento estratégico** y las **finanzas de la empresa**. La relación entre ambas disciplinas es inseparable y se relacionan mutuamente en forma bi-direccional. El planeamiento estratégico requiere del lenguaje y de los conceptos propios de las finanzas de la empresa y viceversa.

Los cálculos de valor presente neto son necesarios para el planeamiento estratégico y, por su parte, el planeamiento estratégico aporta el soporte fundamental a las proyecciones financieras de las que se deduce el valor presente neto.

Sin embargo, las técnicas básicas de cálculo del valor presente neto tienden a subvalorar el valor en el **horizonte de planeamiento**, corresponde a las Opciones Reales propias de todo negocio con oportunidades rentables de crecimiento valorar adecuadamente esa rentabilidad.

No obstante, la valoración a través de opciones reales supone una complejidad analítica mayor que la de los métodos clásicos o los árboles de decisión. Destacan en ese sentido los trabajos realizados por ⁴Trigeorgis (1991 y 1993^a) y Perlitz, Peske y Sxhrank (1999) en los que se reconoce la dificultad existente en la valoración de opciones reales, la importancia que representa la interacción entre las distintas opciones de un mismo proyecto o la existencia de múltiples modelos de valoración, cada uno de ellos más o menos apropiado teniendo en cuenta las características de los datos que se utilizan como inputs del modelo. Todos estos problemas han llevado a que distintos autores traten de estimar el valor de la cartera de opciones de una empresa de forma directa.

Desde que Myers (1977) destacase la importancia de las opciones reales en el valor de la empresa, han aparecido diversos trabajos que introducen el valor de

⁴Lenos Trigeorgis is Professor of Finance, School of Economics and Management, University of Cyprus. He is a pioneer in the field of real options, having written several books on the topic, including the seminal "Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation" (1996).

las opciones reales de la empresa como una parte importante dentro del valor de sus activos. Así siguiendo a Myers (1977 y 1996) el activo total de la empresa se compone de dos elementos básicos: inversiones ejecutadas y en funcionamiento (que recoge el valor de los activos tangibles e intangibles que actualmente posee y utiliza la empresa) y oportunidades futuras de inversión (opciones reales). Por tanto, desde la perspectiva de las opciones reales, el valor de mercado de las acciones recoge tanto los flujos de caja descontados que generarán las inversiones actuales de la empresa como las opciones futuras de la misma (Trigiorgis, 1993b; Kester, 1984; Barwise et al. 1987; Courtney et al, 1997; Luehrman, 1998^{a,b}; AmramKulatilaka, 1999, Fernández, 2001).⁵

Se modifica de esta forma la percepción de incertidumbre, que habitualmente se considera negativa. Las empresas que poseen activos reales, poseen un elemento de cobertura que actúa de forma semejante a las opciones financieras. De esta forma la incertidumbre aporta un mayor beneficio esperado a la empresa, que ve cómo se incrementan sus posibilidades de ganar mientras se mantiene a cubierto de las pérdidas.

Esto ha dado pie a que en la literatura hayan aparecido múltiples trabajos en los que el valor de las opciones reales se calcula como la diferencia entre el valor de mercado de la empresa (suma del valor de capitalización y valor de la deuda) y el valor estimado de sus inversiones actuales (calculado como la actualización de los flujos netos de tesorería esperados a una tasa adecuada al riesgo de dichos proyectos).⁶

A partir de la década de 1990, la compañía Anadarko Petroleum Corporation, con base en Huston, realizó la mejor oferta con respecto a sus competidores para lograr la adjudicación del bloque Tanzanite, situado en el Golfo de México. Allí descubrió petróleo y gas en 1998 y tres años después ya estaba produciendo hidrocarburos. El descubrimiento de Tanzanite es significativo, no tanto por la abundancia del petróleo y gas sino porque, Anadarko rompió la tradición de la industria. En lugar de utilizar solamente el método convencional de flujo de

⁵Manuel Espitia Escuer y Gema Pastor Agustín, Departamento de Economía y Dirección de Empresas, Universidad de Zaragoza.

⁶Andrés, Azofra y de la Fuente, 2001.

fondos descontado como ayuda para decidir lo que solamente ameritaba el bloque y cuánto ofrecía la concesión, la compañía optó por una nueva técnica denominada valoración de las opciones reales (ROV, por sus siglas en inglés). La técnica ROV le dio a Antarko la confianza necesaria para hacer la mejor oferta porque sugería que en Tanzanite las apariencias engañaban.

Las opciones implícitas en los activos físicos o reales, o adosadas a éstos son diferentes a las opciones reales. Las opciones reales son diferentes a las opciones financieras, valores y otros títulos de crédito. La técnica ROV es un proceso por el cual un activo real o tangible, con incertidumbres reales, puede ser valorado en forma coherente cuando existe flexibilidad, o potencial para las opciones.⁷

La teoría de opciones reales se desarrolló de manera espectacular después del trabajo publicado por Fisher Black y Myron Scholes en 1973, a los que hay que añadir los de Robert Merton y Cox - Rox -Rubinstein, entre otros muchos autores.

Por análisis de opciones reales (u opciones reales, simplemente) se entiende el intento de aplicar la metodología de las opciones financieras a la gestión de activos reales, esto es, a la valoración de inversiones productivas o empresariales. Pero ello no es factible o sólo lo es parcialmente, y de ahí que hayan tenido que desarrollarse métodos alternativos. La Teoría de las opciones reales es una teoría prometedora (con un desarrollo incipiente todavía).⁸

2.2 Bases teóricas generales,

Los proyectos de inversión tienen innumerables teóricos que la han conceptualizado de distintas maneras, en general unos como un Plan (instrumento de planificación), otros como un mecanismo para resolver problemas, otros como una propuesta para resolver necesidades, existiendo en algunos casos matices conciliables, en otros contradicciones. En las últimas décadas en América Latina pululan textos con el título de ⁹“Evaluación de Proyectos” (en términos de estructura del proyecto están referidas solo capítulo final del proyecto) en las cuales se obvian la

⁷William Bailey, Benoit Couet, RidgfieldConnecticu, EUA. <http://www.slb.com/media/services/resources/oilfieldreview/spanish>

⁸“Opciones reales” de Andrés S. Suárez. <http://www.ucm.es/BUCM/cee/doc/04-004/04004.pdf>

⁹ “Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión, Coss Bu; Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión”, Karem Marie Mokate; “Evaluación de Proyectos” José Manuel SapagPurima; “Evaluación de Proyectos”, Gabriel Baca Urbina; entre otros

conceptualización del proyecto, generando una desorientación de lo que se evalúa máxime cuando hoy en día es un término extensivo a innumerables áreas como la ingeniería, la psicología, la antropología entre muchas otras.

Más allá de las diversas y enriquecedoras concepciones, tradicionalmente los proyectos de inversión han seguido el concepto del el “Manual de Proyectos de Desarrollo económico” de la ONU con un sesgo institucional de Proyectos de Desarrollo orientados a Proyectos Sociales que por definición buscan “solucionar problemas” y atender necesidades confundiendo la concepción de proyectos privados con proyectos sociales como, por ejemplo, ¹⁰“Un proyecto de desarrollo es el análisis cuidadoso de una idea que puede surgir de una persona o grupo de personas del sector público o privado y en cualquier sector de la economía, para crear una unidad productiva de bienes y/o servicios en beneficio tanto de los interesados en la idea como de la población a la cual va dirigida el proyecto”.

El enfoque tradicional en el campo de los proyectos privados influenciado por conceptos de proyectos sociales (materia de esta tesis) ha mermado la capacidad evaluadora, pero también ha despertado propuestas de avance en situaciones objetivamente volátiles en los que se halla la economía de nuestros países actualmente.

Cabe precisar que la **inversión** implícitamente conlleva expectativas de rentabilidad al inversionista, estas expectativas enfrentan al riesgo, y a la incertidumbre en el entorno que a través de la historia han ido perdiendo estabilidad y desde un tiempo atrás están brindando lecciones mediante las cuales obtenemos un aprendizaje, otra característica de la inversión es que supone recursos limitados los que podrían desviar las decisiones de inversión, estas características de la inversión generan las condiciones para la aplicación de las Opciones Reales.

Los **proyectos de inversión** hoy en día se pueden conceptualizar (con un sesgo privado) como un conjunto de Estudios y Actividades con el objetivo de justificar la aplicación de recursos de capital en la ejecución de una actividad económica

¹⁰ “Formulación y evaluación de proyectos” Enfoque para emprendedores, Rafael Méndez Lozano, Colombia.

(producción de bienes o la generación de servicios), comercial o financiera a fin de conocer su rentabilidad en el horizonte de planeamiento.

Indicadores de Evaluación

Para realizar la evaluación de proyecto de inversión es necesario utilizar diversos criterios que permitan conocer las ventajas y desventajas que se obtendrían de realizar la inversión. Estos criterios son los indicadores o índices de rentabilidad, que hacen posible determinar la rentabilidad de un proyecto a partir del flujo de caja proyectado.

Estos indicadores, que en principio permiten identificar la conveniencia de realizar o no un proyecto, pueden ser, además, utilizados para analizar un conjunto de proyectos, decidir entre dos o más opciones alternativas, estudiar la decisión de postergar o no una inversión, entre otras cosas.

En las siguientes líneas desarrollaremos los principales indicadores de rentabilidad, su interpretación, ventajas y limitaciones, así como las relaciones existentes entre ellos, de existir alguna.

El Valor Actual Neto (VAN)

Teóricamente la evaluación de proyectos en sus inicios no ha respondido a los criterios rigurosos que la Teoría Científica establece en los procesos de investigación que generan conceptos, teorías y leyes; sin embargo no han estado exentos de la realidad, pues así como naturalmente la tierra gira alrededor del sol y el ser humano tarde o temprano científicamente comprobó la “Ley de la Rotación y Traslación”, asimismo cuando la economía experimentó por primera vez un proceso inflacionario (sin registro histórico, solo la ¹¹referencia de la edad media luego de que los Godos causaran la invasión y desintegración del Imperio Romano sucumbiendo su economía se produjo un proceso inflacionario del orden del 102% anual, o el proceso similar luego de la revolución Francesa 10% mensual, o el de los EEUU en América que luego de la Guerra de la Independencia alcanzaron tasas inflacionarias del 8.5% mensual) y los activos se desvalorizaban más rápido que

¹¹Dornbusch, Rudiger. El Combate a la Inflación.

su desvalorización natural por su uso, o la pérdida del poder adquisitivo de los flujos de retorno por los préstamos otorgados ante tales asimetrías se plantearon mecanismos de actualización del valor de los activos o flujos monetarios afectados por la inflación en base a una tasa de descuento equivalente a la tasa de inflación, pero bajo el mecanismo del método de actualización de bonos, instrumentos concebidos para el largo plazo y típicamente de flujos constantes en un contexto no inflacionario, generándose una situación difusa y un reto de la teoría científica para resolver el problema de la valorización de flujos no constantes

Al valorar un proyecto de inversión realizamos una previsión de los flujos de caja que promete generar en el futuro y procedemos a calcular su valor actual con objeto de poder comparar, en un momento determinado del tiempo (hoy, el actual), el valor global de dichos flujos de caja con respecto al desembolso inicial implica la realización de dicho proyecto.

Uno de los criterios de comparación comúnmente empleados por los evaluadores en los proyectos de inversión es el del *valor actual neto* (VAN) que dicho sea de paso es el criterio más acorde al objetivo general de todo inversionista: la maximización del valor de la empresa para el accionista. Su ecuación general es la siguiente:

$$\text{VAN} = -I + \sum_{j=1}^{j=n} \text{FC}_j / (1+k)^j$$

Donde el desembolso inicial del proyecto viene representado por I, los diversos flujos de caja esperados por FC_j, el horizonte temporal del proyecto por n, y la tasa de descuento (el coste de oportunidad del capital) apropiada al riesgo del proyecto por k.

Este criterio considera viable un proyecto de inversión cuando el VAN es positivo, es decir, cuando la totalidad de los flujos de caja esperados descontados a una tasa apropiada al riesgo del proyecto supera al coste de realizarlo. Por el contrario, si el VAN fuese negativo, sería desaconsejable realizar el proyecto.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que cuando se analiza un proyecto de inversión bajo la óptica del criterio de valoración VAN por lo general el analista realiza una serie de supuestos que afectan al resultado obtenido.

Los principales son:

- a. Los flujos de caja que el proyecto promete generar pueden reemplazarse por sus valores promedios esperados y éstos se pueden tratar como valores conocidos desde el principio del análisis. Este supuesto implica ignorar que los inversionistas pueden alterarlos al adaptar su gestión a las condiciones imperantes en el mercado durante toda la vida del proyecto. Esta flexibilidad operativa aporta valor al proyecto de inversión, valor que el método VAN, es incapaz de reflejar.
- b. De otro lado la metodología tradicional del VAN considera que un riesgo homogéneo a lo largo del Horizonte de Planeamiento adoptando una tasa de descuento uniforme, en su *modus operandi* este riesgo solo está en función del tiempo (n) al que se descuenta $1/(1+i)^n$; y conforme se va descontando se va asumiendo más riesgo en forma aritmética; pero no en función del riesgo real, tornado incierto la tasa de descuento.
- c. La necesidad de proyectar los precios esperados a lo largo de todo el horizonte temporal del proyecto es algo imposible o temerario en algunos sectores, porque la gran variabilidad de aquéllos obligaría a esbozar todos los posibles caminos seguidos por los precios al contado a lo largo del horizonte de planificación. Como esto es muy difícil de hacer, de cara a la aplicación del VAN, arbitrariamente se eligen unos pocos de los muchos caminos posibles.
- d. El mecanismo de valoración del valor actual implica una sumatoria de valores que resulta simplista cuando no incorpora el valor de interacciones entre proyectos en un contexto de flexibilidad operativa

El valor actual neto (VAN), también conocido como el valor presente neto (VPN), es el valor actual de los Flujos que genera el proyecto. Así, mide, en moneda de hoy, cuánto más rico es el inversionista si realiza el proyecto en vez de colocar su dinero en la actividad que tiene como rentabilidad la tasa de descuento.

La tasa con la que se descuenta el VAN representa el costo de oportunidad del capital (COK), que es la rentabilidad que estaría ganando el dinero de utilizarlo

en la mejor alternativa de inversión. El COK representa, en cierta medida, un costo adicional a cualquier proyecto (que no se encuentra incluido en el flujo de caja) pues castiga (disminuye) los beneficios y los costos futuros debido al tiempo que tiene que transcurrir para que se hagan efectivos.

En términos matemáticos, el valor actual neto se define como la diferencia entre la sumatoria del valor actual de los Flujos de Beneficios y la sumatoria del valor actual de los Flujos de costos (hallados utilizando el COK), menos la inversión realizada en el período cero. De esta manera, la representación matemática es la siguiente:

$$VAN = \sum_{d=0}^n BN_{d=0}^n * 1/(1+d)^n - I_0$$

Dónde:

BN	=	Beneficio Neto (Flujo de Caja Neto)
d	=	Tasa de descuento (costo de oportunidad del capital)
I	=	Inversión inicial
n	=	número de periodos transcurridos

Tipos de VAN

Existen dos tipos de flujo de caja:

- **Flujo de caja económico**, que muestra los beneficios netos del proyecto si este estuviese financiado totalmente con capital propio; es decir, muestra los beneficios del proyecto en sí.

Valor actual neto económico, también conocido como el valor presente neto económico, mide la rentabilidad del proyecto para la empresa y los accionistas a través de los flujos netos económicos con la tasa de descuento o factor de actualización. Este indicador se utiliza para calcular cuánto más rico es el inversionista al realizar el proyecto respecto a la mejor alternativa, si utilizara sólo capital propio para financiarlo. De esta manera, se elimina el efecto del financiamiento mismo.

- **Flujo de caja financiero**, que muestre los beneficios netos del proyecto incluyendo tanto el capital propio como aquel financiado por terceras personas, generalmente instituciones financieras.

La evaluación financiera mide el valor del proyecto para los accionistas, tomando en cuenta las modalidades para la obtención y pago de los préstamos otorgados a las entidades bancarias o los proveedores. Considerando la distribución de los dividendos al final de la vida útil del proyecto, sólo si el inversionista no pide ningún préstamo, el valor actual económico será igual al financiero. De lo contrario (cuando el accionista recurre a capital prestado) serán diferentes porque además de pagar el préstamo, existirían gastos financieros que deben ser tomados en cuenta para el cálculo.

El valor actual neto financiero (valor presente neto financiero) se define como la sumatoria del valor actualizado de los flujos netos financieros del proyecto a una tasa de descuento durante los años de vida útil.

A partir de estos flujos, podemos calcular dos tipos de VAN:

- a) El valor actual económico
- b) El valor económico neto financiero

Interpretación del VAN y criterio de decisión

Una vez obtenido el flujo de caja del proyecto (beneficios y costos), se puede calcular el VAN utilizando beneficios netos de dicho flujo. La realización o no de un proyecto dependerá del valor que se obtenga. Así, un proyecto debe ser aceptado cuando su VAN sea mayor que cero y debe ser rechazado cuando éste sea menor que cero. Los intervalos relevantes que puede tomar este indicador son los siguientes:

- a) $VAN > 0$. Si el VAN es mayor que cero es recomendable realizar la inversión en el proyecto analizado. Un valor mayor a cero indica que se obtendrá una ganancia respecto a la inversión en la mejor alternativa.
- b) $VAN = 0$. Si el valor actual neto es igual a cero, para el inversionista es indiferente realizar la inversión en el proyecto u optar por la mejor alternativa.

- c) $VAN < 0$. Si el valor actual neto es menor que cero, el proyecto no resultará mejor que su alternativa, por lo que el inversionista deberá decidir no llevarlo a cabo.

Ventajas y desventajas del VAN

Utilizar el VAN como índice de rentabilidad para analizar un proyecto brinda ciertas ventajas:

- a) El VAN es un indicador que toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo, es decir, considera el costo de oportunidad del capital del inversionista.
- b) En el caso de proyectos mutuamente excluyentes el VAN permite seleccionar eficazmente cuál de ellos realizar.

A pesar de ser uno de los indicadores de rentabilidad, presenta también algunas desventajas:

- a) Para su aplicación es preciso obtener la tasa de actualización: el costo de oportunidad de capital del inversionista. El problema radica en que el inversionista no necesariamente cuenta con toda la información necesaria del mercado para realizar un cálculo preciso del costo de oportunidad. Por lo tanto, puede calcular un costo de oportunidad que no represente realmente su mejor alternativa, lo que lleva a valores inflados o subvaluados del VAN. Más adelante explicaremos cómo se calcula de manera adecuada la tasa de descuento.
- b) Otro problema del VAN está ligado a su interpretación. El VAN es muchas veces mal entendido, ya que no es una tasa sino en valor absoluto.

Este indicador tiene numerosos detractores entre ellos ¹²Pindyck & Dixit, cuya exposición presentamos a continuación:

“El VAN es un criterio de decisión parcial puesto que no considera el efecto de las irreversibilidades. Y en consecuencia desestima el análisis del momento en que se realiza una inversión cuando la valúa. Esta limitación no es trivial cuando se analizan mercados y productos altamente volátiles. Los criterios de valuación de las opciones reales contemplan el *timing* de la decisión e implementación. Y permiten explicar por qué las acciones tienen cambios abruptos en sus cotizaciones cuando varían las expectativas de crecimiento.”

La Tasa Interna de Retorno (Tir)

La tasa interna de retorno es una tasa porcentual que indica la rentabilidad promedio anual que genera el capital que permanece invertido en el proyecto.

Cuando se tiene un proyecto que genera un solo flujo un período después de efectuada la inversión, podemos afirmar, sin lugar a dudas, que la tasa de rentabilidad es:

$$TIR = \frac{FC_1}{Inversión} - 1$$

Cuando se desea hallar la rentabilidad de un proyecto; es decir; cuando éste generará más de un flujo de en el tiempo. No existe una manera totalmente satisfactoria de medir la rentabilidad, por lo que es se usa la mejor disponible que es la tasa interna de retorno (TIR). Matemáticamente, se expresa de la siguiente manera:

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} - 1 = 0$$

Criterio de decisión de la TIR

El criterio de decisión para la TIR consiste en aceptar un proyecto cuando éste tenga una TIR mayor al **costo de oportunidad del capital (COK)**; es decir,

¹²Investment Under Uncertainty, Princeton University.

cuando la rentabilidad que obtenga el capital en el proyecto sea mayor que la ofrecida por la mejor alternativa. De manera similar al caso del VAN, tenemos tres intervalos relevantes.

- a) $TIR > COK$. Si la tasa interna de retorno es mayor al costo de oportunidad del capital, el rendimiento sobre el capital que el producto genera es superior al mínimo aceptable para la realización de un proyecto. Entonces, el proyecto debería ser aceptado.
- b) $TIR = COK$. Si la TIR es igual al costo de oportunidad del capital, el rendimiento sobre el capital que el proyecto genera es igual al interés que recibiría al invertir dicho capital en la mejor alternativa. Por lo tanto, para el inversionista es indiferente entre invertir en el proyecto o en la mejor alternativa de inversión, pues ambos le generan rentabilidad.
- c) $TIR < COK$. Si la TIR es menor al costo de oportunidad del capital, el proyecto se rechaza pues su rendimiento es menor al de la mejor alternativa posible.

Interpretación de la TIR

Para entender mejor la TIR, ésta puede ser interpretada como el máximo costo al cual un inversionista podría tomar prestado dinero para financiar la totalidad de un proyecto y ser capaz de repagar tanto el capital como los intereses del financiamiento con su producción, sin perder dinero.

Es necesario tener en cuenta que la TIR sólo considera la rentabilidad del dinero invertido en el proyecto que permanece dentro del mismo y no aquellos flujos de efectivos que el inversionista saca del proyecto. Estos últimos podrían ser invertidos en alguna alternativa donde alcanzarían cierta rentabilidad que no incluye la TIR. Esto puede generar, como se verá más adelante, ciertas contradicciones entre el VAN y la TIR y podría llevar a escoger un proyecto que no representa su mejor alternativa. Esto ocurre porque la TIR mide la rentabilidad promedio del proyecto (promedio de las tasas de retorno de todos los años que

dura el proyecto) y el VAN mide la rentabilidad del inversionista, que no sólo incluye la rentabilidad del proyecto mismo, sino también la que se obtendría en la mejor alternativa (costo de oportunidad).

Tipos de tasa interna de retorno:

- Tasa interna de retorno económica

La tasa interna de retorno económica, o tasa interna de recuperación económica, es la tasa que genera un valor actual neto económico igual a cero. Este indicador representa la rentabilidad promedio de todo el capital invertido, considerándolo íntegramente como capital propio. Para hallarla se utiliza únicamente el flujo de caja económico. De esta manera, brinda la rentabilidad propia del proyecto sin tener en cuenta el financiamiento utilizado.

- Tasa interna de retorno financiera

La tasa interna de retorno financiera, o tasa financiera de rendimiento de un proyecto, es la tasa que produce un valor actual neto financiero igual a cero. Para calcularla se utiliza el flujo de caja financiero. Es un indicador que refleja la eficiencia financiera de un proyecto a lo largo de su vida útil, considerando el servicio de la deuda y la distribución de los dividendos. Esta tasa de retorno muestra la rentabilidad del capital cuando parte o la totalidad del mismo ha sido financiado por fuentes externas al inversionista.

Ventajas y desventajas de la TIR

La tasa interna de retorno nos brinda un porcentaje de rentabilidad por lo que es fácilmente comprensible, en comparación con el VAN que otorga un valor monetario que es más difícil de explicar.

Sin embargo, este indicador presenta ciertas desventajas:

- a) No es apropiado utilizar la TIR para proyectos mutuamente excluyentes si éstos tienen distinta escala de duración, o diferente distribución de los beneficios.

- b) Un mismo proyecto puede tener diferentes tasas de retorno porque existen muchas soluciones a la ecuación (TIR múltiple). En estos casos, es apropiado no usar este indicador ya que no se sabría cuál tasa utilizar para elegir el proyecto o para compararlo con otras alternativas.

TIR múltiple

Existen proyectos en los que es imposible obtener una tasa de retorno única debido al comportamiento de sus flujos de caja a lo largo de su vida útil. Estos son los llamados proyectos no convencionales y se caracterizan por tener beneficios netos positivos y negativos de manera alternada. Estos múltiples cambios de signo generan más de una TIR que puede tomar valores positivos y negativos. Sin embargo, aun cuando sólo se tomarán en consideración aquellas TIR positivas, no se podrá determinar cuál de ellas utilizar.

Se habla de proyecto convencional cuando experimenta un solo cambio de signo a lo de su vida útil como en el caso de los proyectos mineros que requieren un largo período de inversión antes de las operaciones luego del cual se obtienen flujos positivos.

En cambio cuando hay varios cambios de signos, el proyecto es no convencional, es decir tiene un primer período de inversión donde el flujo es negativo , luego tiene un período positivo y luego uno nuevamente negativo, y así sucesivamente.

El Valor Actual Neto Vs. La Tasa Interna De Retorno

Para tomar una decisión adecuada es necesario analizar un proyecto con la ayuda de dos o más indicadores. Usualmente se utilizan el valor actual neto y la tasa de retorno. Sin embargo, estos tienen ciertas características que deben ser tomadas en consideración para el análisis, de lo contrario se puede llegar a una contradicción entre ambos indicadores .Las diferencias entre el VAN y la TIR radican principalmente en que el VAN mide la rentabilidad que obtiene el inversionista, mientras que la TIR mide la rentabilidad del negocio por lo que no considera en su

análisis los flujos netos que salen del mismo. Estos flujos, que sí son considerados por el VAN, son importantes para el inversionista en el momento de tomar una decisión dado que contribuye a aumentar su riqueza. Por esta razón, generalmente se considera que el VAN es una medida de rentabilidad más completa y es preferida a la TIR.

CONTRADICCIONES

Las principales contradicciones aparentes entre el VAN y la TIR son de dos tipos:

- El Primer tipo surge cuando se contradicen respecto a un mismo proyecto para determinar si es rentable o no. La explicación a esta contradicción es la presencia de una tasa de retorno múltiple
- El Segundo tipo surge cuando al tratar de elegir entre varios proyectos mutuamente excluyentes utilizando el VAN y la TIR como criterio de decisión. Estos problemas surgen cuando los proyectos a evaluar no cumplen con alguna de estas características una misma distribución de ingresos, misma escala en el monto de inversión y/o misma vida útil.

Veremos cada uno de estos problemas y como resolverlos.

a) Diferente escala de inversión

No todos los proyectos requieren de la misma inversión. La diferencia en dichos montos trae complicaciones en el análisis pues puede dar como resultado una TIR sobrestimada (por un volumen de inversión comparativamente menor). Para comparar proyectos utilizando la TIR es necesario que ambos tengan la misma inversión, como por ejemplo:

Ejemplo 1

Se tiene dos proyectos A y C, ambos con una vida útil de 3 años. La COK es del 10% y los flujos de caja para los próximos tres años se presentan en el siguiente cuadro:

RESULTADOS COMPARATIVOS

	Proyecto A	Proyecto B
Inversión	(3.000)	(1.800)
FC1	200	500
FC2	2.500	1.000
FC3	2.300	1.500
VAN (10%)	975,96	607,96
TIR	23,9%	25,3%

En el cuadro se puede apreciar como los dos indicadores (VAN y TIR) se contradicen. Esto se debe a que los montos de inversión no son los mismos, por lo que se puede determinar cuál proyecto debe elegirse. Para poder comparar ambos proyectos es necesario solucionar esta contradicción igualando los montos de inversión, como se muestra a continuación

FLUJOS COMPARATIVOS

	0	1	2	3
Proyecto A	(3,000)	200	2,500	2,300
Proyecto C	(1800)	500	1,000	1,600
Réplica del proyecto X ¹³	(1200)	120	120	1,320
Proyecto C'	(3,000)	620	1,120	2,820

Una vez obtenidos los flujos de caja, se debe calcular el VAN y la TIR para este nuevo proyecto.

¹³Lo que se intenta es igualar los montos de inversión de ambos proyectos ($3.000 - 1.800 = 1.200$). Sin embargo, esta cantidad de dinero invertida en el proyecto genera los beneficios de la mejor alternativa ($1.200 \times 0,1 = 120$).

$$VAN_{10\%} = -\frac{3000}{1.1} + \frac{620}{(1.1)^2} + \frac{1120}{(1.1)^3} + 2820 = 607.96$$

$$-300 = \frac{620}{(1+TIR)} + \frac{1620}{(1+TIR)^2} + \frac{2820}{(1+TIR)^3} = 0$$

$$TIR = 18.75\%$$

Comparando el proyecto C' con el proyecto A podemos concluir que la información brindada por el VAN era la adecuada: el proyecto A es el proyecto que debe realizarse porque no sólo tiene una tasa de retorno sino que también tiene un VAN mayor.

Diferente vida útil

Muchas veces, los proyectos entre los cuales debe elegir tienen vidas útiles diferentes, lo cual puede generar contradicciones entre el VAN y la TIR de los proyectos. La TIR mide la rentabilidad del dinero que permanece invertido en el proyecto y, si la vida útil difiere, no considera aquella rentabilidad que el dinero que sale del negocio obtendrá en la mejor alternativa de inversión, lo cual distorsiona el valor indicado. Veamos este ejemplo.

Ejemplo 1.1

Un inversionista necesita comparar el proyecto E con el proyecto F, donde el costo de oportunidades de 10% y las vidas útiles son diferentes para cada uno, como se muestra en el cuadro siguiente cuadro.

FLUJOS DE CAJA DE LOS PROYECTOS E Y F

	Proyecto E	Proyecto F
Inversión	(1.000)	(1.000)
FC1	1.000	8000
FC2	1.000	
VAN (10%)	735,53	66,36
TIR	61,8%	10,0%

Una vez más, podemos observar una contradicción entre ambos indicadores: el VAN indica que la mejor opción es el proyecto E; sin embargo, la TIR indica que la mejor alternativa es el proyecto F.

La solución a esta contradicción radica en considerar que el dinero que sale del proyecto es invertido en la mejor alternativa disponible: en este caso, el banco.

CONTRADICCIÓN DE LOS RESULTADOS

AÑOS	0	1	2
A. Proyecto F	(1.000)	800	80
B. Reinversión ¹⁴		(.800)	
C. Proyecto H ¹⁵	1.000)	0	80

$$VAN_{(10\%)} = - 1.000 + \frac{1.980}{(1,1)^2}$$

$$- 1.000 + \frac{1.980}{(1+TIR)^2} = 0$$

$$TIR = 40.71\%$$

Estos resultados indican que la mejor alternativa es el proyecto “E” pues tiene un VAN y una TIR mayores. Nuevamente, el VAN es el que brinda la información adecuada para elegir entre estos dos proyectos.

Ahora, la TIR calculada del proyecto “H” es más baja pues resulta ser el promedio de su rentabilidad a lo largo de 2 años de vida útil: 80% en el primer año y sólo 10% en el segundo (siendo este 10% la rentabilidad de la mejor alternativa).

¹⁴ Lo que se obtiene del proyecto F al finalizar su vida útil es invertido en la mejor alternativa durante el segundo año a fin de igualar las vidas útiles

¹⁵ C = A + B Una vez obtenido el nuevo proyecto H, donde los ingresos del proyecto se reinvierten para compararlos con el proyecto E.

Distribución de beneficios desigual

En este caso, el monto de inversión es similar para cada uno de los proyectos pero la distribución de los beneficios a través del tiempo no es la misma. Por ejemplo, e un proyecto se pueden recibir los flujos de beneficios de manera uniforme en cada período o todos al final de la vida útil.

Ejemplo 1.2

Se tienen dos proyectos de inversión mutuamente excluyentes, con una misma vida útil de tres años, una inversión de \$3.000.000 y un COK¹⁶ de 10%. Cada proyecto tiene una distribución diferente de los flujos de beneficios, como se muestra a continuación.

FLUJOS DE CAJAS DE LOS PROYECTOS A Y B (En miles de soles)

	Proyecto A	Proyecto B
Inversión	- 3.000	- 3.000
FC1	200	0
FC2	2.500	0
FC3	2.300	5.500
VAN (10%)	975,96	1.132,23
TIR	23,9%	22,3%

A partir de los resultados del cuadro anterior se observa que el VAN y la TIR se contradicen: si tomamos en cuenta el VAN debe realizarse el proyecto B; sin embargo, si tomamos en cuenta la TIR deberíamos realizar el proyecto A. Esta contradicción puede ser solucionada si, en el caso del proyecto B, se incorpora en el análisis de la TIR la rentabilidad que adquieren los flujos fuera del proyecto en la mejor alternativa posible. Esto se logra mediante un nuevo indicador: la tasa

¹⁶El COK es el Costo de Oportunidad de Capital

verdadera de rentabilidad (TVR) que se desarrollará más adelante. Cabe resaltar que este indicador es útil para solucionar el problema de la distribución de beneficios desiguales, pero no el de vidas útiles distintas o el de distinto monto de inversión.

Otra manera de eliminar esta contradicción es utilizando la tasa de retorno de los flujos incrementales, en cuyo caso será necesario evaluar la diferencia de los proyectos. Veamos este concepto con un ejemplo.

Ejemplo 2

Imaginemos dos proyectos: A y B. Cada uno con los flujos de caja que presentamos en el Cuadro anterior:

FLUJOS DE CAJA DE LOS PROYECTOS A Y B

	0	1	2	3
Proyecto A	(3.000)	2000	2.5000	2.300
Proyecto B	(3.000)			5.500
Proyecto A - B	0	200	2.500	(3.200)

Para elaborar el análisis de los flujos incrementales, se crea un nuevo proyecto llamado Proyecto (A – B). Como se observa en el Cuadro 7 este proyecto incremental equivale a pedir un préstamo con desembolso de \$200 y \$2.500 los años 1 y 2, respectivamente, y con un repago de \$3,200 el último año. Si calculamos el VAN de este proyecto y este resulta positivo, entonces el proyecto A será mejor que el B; asimismo al calcular la TIR, que en este caso representa la tasa de interés efectivamente pagada por el préstamo, si ésta es menor que el COK diremos nuevamente que A es mejor que B. Haciendo los cálculos respectivos obtenemos los siguientes resultados:

$$VAN = \frac{200}{(1,1)} + \frac{2500}{(1,2)^2} - \frac{3200}{(1,1)^3} = -156,27$$

$$\frac{200}{(1+TIR)} + \frac{2500}{(1+TIR)^2} - \frac{3200}{(1+TIR)^3} = 0$$

$$TIR = 17,04\%$$

A partir de ellos se puede concluir que la mejor alternativa es el proyecto B, tal como lo había indicado el VAN.

Podemos comprobar estos resultados calculando el VAN y la TIR del proyecto (B – A). Este nuevo proyecto incremental sí es una inversión con salidas de dinero en los primeros años y entradas en el último

FLUJOS DE CAJA DE LOS PROYECTOS A Y B

	0	1	2	3
Proyecto A	(3.000)			2.300
Proyecto B	(3.000)	2000	2.5000	5.500
Proyecto B-A	0	(200)	(2.500)	3.200

Por ello, el proyecto B será rentable si el VAN es positivo y la TIR es mayor que el COK: Calculando estos indicadores se concluye otra vez que B es mejor que A.

$$VAN = -\frac{200}{(1.1)} - \frac{2500}{(1.1)^2} + \frac{3200}{(1.1)^3} = 156.27$$

$$-\frac{200}{(1+tir)} - \frac{2500}{(1+tir)^2} + \frac{3200}{(1+tir)^3} = 0$$

$$TIR = 17,04\%$$

La tasa verdadera de rentabilidad (TVR)

Otra manera de solucionar el problema de distribución desigual de beneficios es calculando la tasa verdadera de rentabilidad (TVR) para cada proyecto. Este indicador, al igual que la TIR, mostrará la rentabilidad promedio pero, en este caso no sólo del capital que se mantiene en el proyecto, sino también del monto de ingresos que sale del proyecto por concepto de utilidades. La fórmula es la siguiente:

$$TVR = \sqrt[n]{\frac{\sum_{i=1}^n BN_i (1+r)^{n-i}}{INV}}$$

r : Costo de oportunidad del Capital (COK)

n : Número Total de períodos

i : Período corriente

Si aplicamos la formula en el ejemplo del cuadro anterior se tiene:

Proyecto A

$$200(1+r)^2 + 2500(1+r)^1 + 2300 = 5292$$

$$TVR = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n 5292}{3000}} = 20.83$$

Proyecto B:

$$TVR = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n 5500}{3000}} = 22.39$$

Por lo tanto se llega a la conclusión de que la mejor alternativa es el proyecto B.

Se puede concluir que si los proyectos no tienen una distribución de igual de ingresos y la TIR y el VAN se contradicen, para tomar una decisión se deberá calcular una diferencia de proyectos o de la TVR. De esta manera se elimina la contradicción que existe entre el VAN y la TIR.

Se recomienda que la TIR se utilice sólo para proyectos convencionales, no debe ser utilizada para comparar proyectos mutuamente excluyentes. Sólo se podrá utilizar para esto último si ambos proyectos tienen la misma vida útil, la misma escala de inversión y una distribución de beneficios similar. De lo contrario será necesario recurrir a los diferentes métodos propuestos para eliminar la contradicción y tomar una decisión adecuada.

Estas son los dos principales indicadores de evaluación tradicional, cuyas formulas y criterios forman la base o punto de partida de las observaciones serias o no, pero en ellas se basa la teoría de las “Opciones Reales” sobre la que esta tesis trabajara para demostrar su contribución como una herramienta idónea para la evaluación.

2.3 Bases teóricas especializadas,

2.3.1 Teoría de Las Opciones Reales

En general podemos conceptuar la las Opciones Reales como una **metodología** para evaluar proyectos de Inversión.

Antes de definirla con propiedad es necesario acotar que no todos los proyectos de inversión pueden evaluarse con esta metodología, pues la condicionalidad obedece a diversos factores y características, entre las cuales un centro condicional es la **incertidumbre** de la inversión.

Como se ha señalado en capítulos anteriores las opciones reales aprovecha la metodología de evaluación de las opciones financieras, en ese sentido las Opciones Reales se la define como “**un derecho, pero no una obligación, de tomar una acción a un determinado costo por un periodo determinado**”¹⁷; se la define como el derecho a tomar una acción debido a

¹⁷Antikarov, 2001

que las opciones reales (alternativas objetivamente distintas relacionadas con la incertidumbre de su ejecución) cambian el curso de la decisión inicial del Proyecto de Inversión alterando su objetivo inicial.

La inversión por su naturaleza intrínseca conlleva expectativas de retorno de la inversión y réditos de la misma, tradicionalmente estas expectativas suponen su inalterabilidad; pero la economía mundial tiene nuevas características fundamentalmente en la globalización y el avance geométrico de la tecnología de las comunicaciones, dos grandes factores que están influenciando en que las variables económicas hoy en día sean más volátiles, llegando a ser “híper volátiles” cambiando constantemente el rumbo de las decisiones de los inversionistas, situación que por ser “estados de la naturaleza” requerían ser previstos y por ello esta metodología comprende la identificación de estas opciones convirtiéndose cada una de ellas en un proyecto que deberá ser evaluado. Entre más opciones se generen, la posibilidad de encontrar la más adecuada aumenta

La Incertidumbre y la Flexibilidad son dos componentes esenciales que permitirán entender cuando un proyecto de inversión puede contener una Opción Real y poder determinar así su verdadera valoración.

Un entorno con **incertidumbre** provoca que una decisión tomada en una coyuntura no lo sea un futuro cercano debido al cambio de las condiciones.

La incertidumbre o riesgo puede ser sistemática o no, se expresa en la variación del comportamiento de la economía o ciclicidad (vaivenes del PBI), la inflación, el tipo de cambio y las propias variables de la empresa que lleva a cabo el proyecto de inversión como su productividad, y otros.

La ausencia de incertidumbre haría impracticable las Opciones Reales debido a que no tienen sentido porque no habría decisiones futuras que tomar; sin embargo las características de la economía especificadas en el párrafo anterior haría que la inversión pueda diferir su direccionalidad original, en este escenario se hace relevante las Opciones Reales. Esta posibilidad que poseen ejercer los inversionistas se denomina **flexibilidad**.

La flexibilidad es la capacidad que tienen los inversionistas de modificar un proyecto de inversión, adaptándolo a los cambios que se dan en el entorno y adecuarlo ante la incertidumbre para adecuarse a los distintos escenarios.

“Para que esta flexibilidad dé lugar a la existencia de Opciones Reales debe ser consecuencia de un aprendizaje”¹⁸ en un contexto de incertidumbre el inversionista debe aprender a obtener información prospectiva sobre las variables del entorno de la inversión, esquemáticamente se refiere al entorno político, social, jurídico, económico, tecnológico, medioambiental, financiero y comercial, los cuales nos brindan experiencias – aprendizaje.

2.3.1.1 Variables implicadas en las opciones Reales

El valor de las opciones es función de seis variables:

- a) **El precio del activo subyacente (S):** En la opción financiera indica el precio actual del activo financiero subyacente; mientras que en la opción real indica el valor actual del activo real subyacente, es decir, el valor actual de los flujos de caja que se espera genere dicho activo.

- b) **El precio de ejercicio (X):** En la opción financiera indica el precio al que el propietario de la opción puede ejercerla, es decir, el precio que puede pagar para comprar el activo financiero subyacente (call), o el precio que le pagarán por venderlo (put). En la opción real, indica el precio a pagar por hacerse con el activo real subyacente, es decir, con sus flujos de caja (por ejemplo, en un proyecto de inversión, será el desembolso inicial); o el precio al que el propietario del activo subyacente tiene derecho a venderlo, si la opción es de venta.

- c) **El tiempo hasta el vencimiento (t):** Tiempo de que dispone su propietario para poder ejercer la opción.

¹⁸“Valuación de proyectos con opciones reales”. Roberto D., Bacchini

- d) **El riesgo o volatilidad (σ):** Varianza, o desviación típica, de los rendimientos del activo subyacente. Indica la volatilidad del activo subyacente cuyo precio medio es S pero que puede oscilar en el futuro, la medida de dicha oscilación es la desviación típica de los rendimientos.

- e) **El tipo de interés sin riesgo (R_f):** Refleja el valor temporal del dinero.

- f) **Los dividendos (D):** Dinero líquido generado por el activo subyacente durante el tiempo que el propietario de la opción la posee y no la ejerce. Si la opción es de compra, este dinero lo pierde el propietario de la opción (porque si hablamos de una opción de compra de acciones, mientras ésta no se ejerza su propietario no será accionista y, por tanto, no tendrá derecho a los dividendos). En el caso de las opciones reales de compra, es el dinero que genera el activo subyacente (o al que se renuncia) mientras el propietario de aquélla no la ejerza.

2.3.1.2 Los tipos de opciones reales

Los especialistas en valuación de proyectos identifican, los principales tipos de opciones reales sobre los que se trabaja en la práctica profesional en valuación:

a) Diferimiento

Es el caso en el cual por ejemplo se posee una opción de compra sobre un lote de terreno y se dispone de tiempo para dilucidar si, de acuerdo con el comportamiento de los precios, se privilegia la construcción de un edificio destinado a viviendas, o a oficinas, o a un centro comercial, o a un hotel, o a la construcción de una planta fabril. Esta situación es análoga a la Opción de Compra (call) sobre una acción que cotiza en los mercados de valores.

b) Abandono

En aquellos casos que el mercado sufre una marcada baja, la gerencia puede decidir la determinación de la actividades y ejecutara la reventa de los activos que originalmente constituyeron la inversión de capital y lo que resulte recuperable de la inversión en capital de trabajo. Esta posibilidad es análoga a la opción de Venta (put) sobre una acción que cotiza en los mercados de valores.

c) Flexibilidad operativa

c.1) Expansión

Ante condiciones favorables de mercado, la empresa puede expandir la escala de producción y/o acelerar la utilización de los recursos disponibles. La primera alternativa de expandir la escala de las facilidades productivas es equivalente a un Call. La gerencia, alternativamente, puede preferir la construcción de una planta con capacidad de exceso del nivel esperado de demanda y de esa forma, estar preparada para producir a un mayor ritmo, en el caso que la demanda exceda las expectativas iniciales.

c.2) Contracción

Por el contrario, si las condiciones de mercado resultan menos favorables que o inicialmente esperado, la empresa puede bajar su nivel de operación. Es alternativa es análoga a un Put.

3.c) Alcance

Por alcance se entiende al conjunto de actividades comprendidas por el proyecto objeto de análisis. Existen casos de inversiones tempranas que son condición previa para el desarrollo de proyectos interrelacionados con la misma que abren el camino para futuras oportunidades de

crecimiento. Ejemplos de este tipo de inversiones tempranas son: proyectos de investigación y desarrollo, contratos de leasing sobre lotes de terreno o reservas petrolíferas, adquisiciones estratégicas, redes e infraestructuras. Ellas abren la puerta para aprovechar oportunidades de desarrollo de nuevos productos, explotación de oportunidades inmobiliarias, extracción de petróleo y gas, acceso a nuevos mercados, fortalecimiento de capacidades críticas, etc. Otro ejemplo de este tipo de opciones respecto al alcance de los proyectos es el planeamiento de productos multi-generacionales como el que practican ciertas empresas (3M, GE, etc.). El diseño de proyectos de inversión con un alcance amplio es comparable con un Call.

3.d) Extensión de pre-cancelación

La posibilidad de extender la vida útil de un activo o la de un contrato mediante el cumplimiento de cierta obligación, de carácter monetario, es un elemento de flexibilidad que tiene su valor. La posibilidad de reducir la vida útil del activo o la vigencia de un contrato, aun cuando implique asumir el costo de la penalidad por pre-cancelación, también representa una característica de flexibilidad valiosa. La posibilidad de extensión es equivalente a un Call mientras que la posibilidad de acortar es análoga a un Put.

d.) Cambios en mezcla de productos, insumos, procesos.

Si los precios relativos o la demanda cambian, la empresa puede adecuar su mezcla de productos o, manteniendo la mezcla de sus productos finales, la empresa puede utilizar diferentes insumos.

En ocasiones, la producción puede ser suspendida y, más tarde reiniciada. La posibilidad de llevar a cabo este tipo de cambios en la operación relacionada con el proyecto es equivalente a una cartera de Calls y de Puts. La interrupción es análoga a un Put mientras que la reiniciación es similar a un Call.

Frente a cambios significativos en los precios relativos de insumos similares, tal es el caso de la mano de obra de similar calificación en diferentes países, puede ser valioso contar con la capacidad de transferir producción de una planta a otra ubicada en otra jurisdicción. Esto implica que el valor de la opción de hacer este tipo de cambio operacional supera el valor diferencial por razones de escala productiva y llega a justificar la decisión de contar con dos plantas de menor tamaño en lugar de una sola de mayor dimensión.

El dramático cambio en el costo de la mano de obra, en términos reales o medidos en monedas estables, ocurrido en Argentina durante el año 2002, es un claro ejemplo sobre este tipo de alternativas.

e) Complejas y derivadas

e.1) Interrelacionadas

En la vida real es común encontrar proyectos que tienen varias opciones que proveen protección frente a cambios desfavorables del entorno y, al mismo tiempo, otras que proveen protección frente a situaciones de mejora del entorno. Por ejemplo, un proyecto puede contar con alternativas para su expansión, para la reducción de su escala productiva o, llegado el caso, su abandono. El valor de la suma de las opciones mencionadas será mayor que el valor de cada una de ellas pero, sin embargo, el valor neto de las tres opciones combinadas, será inferior a la

suma de los valores de cada una de ellas tomadas por separado.

e.2) Abanico

Denominamos así a aquellas situaciones en las que existen fuentes de incertidumbre múltiple. Esto implica una situación con oportunidades de aprendizaje. El caso de la mayoría de los proyectos de investigación y –desarrollo con incertidumbres relacionadas con el campo tecnológico y con la y con la aceptación del producto en el mercado. En este caso existe incertidumbre sobre la evolución futura de los precios del producto ante cambios que pueden producirse en el entorno económico. La incertidumbre respecto a la inserción del producto en el mercado tiende a crecer con el tiempo mientras que la incertidumbre en el campo tecnológico tiende a disminuir a medida que avanza el proceso de investigación.

En otro sector, las empresas mineras deben decidir cuándo efectuar el desarrollo de un campo minero sobre el monto a ofrecer como derecho de explotación del mismo. Este conjunto de decisiones involucra una combinación de Opciones Reales: (i) la oportunidad de mejorar el nivel de conocimiento sobre la cantidad estimada de mineral disponible en la mina y (ii) la oportunidad de demorar el comienzo del desarrollo de la mina hasta el momento en que el precio de mercado del mineral a extraer alcance niveles más atractivos.

Ambas Opciones Reales pueden entrar en conflicto entre sí desde el momento que para poder precisar la cantidad mineral disponible es necesario comenzar la explotación. Este es un ejemplo en el que las ambas Opciones Reales

combinadas, es inferior al valor de la suma de cada una de ellas tomada individualmente.

e.3) **Compuestas**

Denominamos Opciones Reales Compuestas a aquellas que incluyen Opciones Reales sobre otras Opciones Reales. El caso clásico lo presentan las inversiones encadenadas. En estos casos ofrecen la oportunidad a la gerencia para que abandone o, por el contrario, para que aumente la escala del programa de inversiones encadenadas. Esto puede representar un valor importante y cada etapa puede ser visualizada como una Opción Real sobre las etapas subsiguientes.

Veamos un ejemplo. Una empresa productora de juegos para computadoras planea el lanzamiento de tres nuevos juegos anticipación de las vacaciones de invierno. Con anterioridad a la presentación de los juegos en el mercado la empresa tendrá dificultades para pronosticar cuál de ellos será el que tendrá mejor aceptación. Una manera de optimizar el impacto de la campaña publicitaria, se presenta la alternativa de diseñarla como una serie de inversiones escalonadas. Como primer paso, se hace una presentación de los tres juegos en ciertos mercados seleccionados para probar la respuesta del público. Aquel juego que tenga la mejor receptividad es el seleccionado para el lanzamiento a escala nacional con el mayor monto de inversión publicitaria. Luego del lanzamiento a escala nacional y en función de la evolución de las ventas la gerencia puede decidir el monto de la inversión publicitaria relacionada con jugadores plásticos relacionados con dicho juego y, también, sobre la inversión publicitaria para el lanzamiento a escala internacional.

Las herramientas tradicionales de evaluación de negocios no capturan el valor que cada una de las etapas genera en función de la nueva información que se adquiere en el proceso de lanzamiento escalonado en apoyo de las futuras inversiones.

La teoría de las Opciones Reales permite una mejor valorización de las decisiones contingentes y permite comprender cómo estructurar cada una de las etapas a los efectos de maximizar el valor total del conjunto de las inversiones escalonadas.

El concepto de las Opciones Reales Compuestas es de aplicación en una vasta gama de decisiones gerenciales. Es útil, por ejemplo, para distinguir entre una adquisición individual versus un programa de adquisiciones (varias adquisiciones en secuencia). La primera operación podría tener un VPN negativo si se la toma en forma aislada pero el programa de adquisiciones, en su conjunto, podría tener un VPN positivo como resultado de la integración de todas las adquisiciones que se hacen posibles merced a la concreción de la primera de ellas.

2.3.1.3 FUNDAMENTOS DEL ENFOQUE DE LA OPCION REAL

Los directivos de las empresas generalmente tienen flexibilidad respecto a la ejecución de proyectos, la capitalización de nueva información y de las cambiantes condiciones del mercado a fin de mejorar la economía de los proyectos. El análisis de las opciones reales constituye una forma de determinar el valor de la flexibilidad en las actividades futuras.

La teoría de opciones es útil para la valoración de cierto tipo de proyectos en donde los flujos de caja pueden modificarse sustancialmente si se toma ciertas decisiones posteriores al momento en que se hace la evaluación financiera. Dichas

decisiones futuras tienen que ver con el aprovechamiento de oportunidades consideradas rentables, o el descarte de inversiones por considerar que no son lo suficientemente atractivas en términos financieros. Esta oportunidad de toma de decisión sobre activos reales, entiéndase proyectos o empresas, se denomina opción real.

El análisis del momento en que se realizan las inversiones es particularmente relevante cuando se analizan mercados fuertemente influidos por la volatilidad. En ellos, los costos hundidos pueden justificarse o no dependiendo de los precios de los productos o de las rentas de la inversión. Y estos últimos elementos pueden cambiar mucho a través del tiempo

De acuerdo con la teoría de opciones reales, se recomienda desarrollar las inversiones cuando el valor actual de los flujos de caja esperados excede su coste de adquisición e instalación (si se trata de un proyecto real) al menos en una cantidad que compense el valor de mantener viva la inversión

Aplicando este criterio en la valuación de empresas, el valor de la misma es igual a:

- 1) El valor actual de las operaciones actuales más
- 2) El valor actual de las desgravaciones fiscales más o menos
- 3) El valor actual de las opciones de financiación más
- 4) El valor actual de las opciones de inversión y desarrollo.

“De ese modo, cuando la economía se encuentra en un punto de inflexión dentro del ciclo el valor de la empresa no sólo aumenta o disminuye debido al cambio en el valor esperado de sus operaciones actuales sino también por los efectos del cambio del ciclo sobre los restantes derechos que tiene la compañía”

“Estos últimos no tienen por qué ser derechos contractuales explícitos. En efecto, pueden estar asociados a diversos aspectos propios de la operatoria de la compañía como la penetración en mercados potenciales que comienzan a materializarse, o un tirón de demanda que le permita incrementar su escala de producción y amortizar rápidamente sus costos fijos”.

“El criterio de opciones reales sugiere que es posible valorar ex ante alternativas como las anteriores tal que se las pueda incorporar en el precio de mercado de las acciones”

2.3.2 LAS OPCIONES: DEFINICIÓN Y TIPOS

Una opción es una estrategia financiera¹⁹ que le da al poseedor de la opción el derecho, más no la obligación, de comprar o vender un activo a un precio determinado durante un cierto período de tiempo.

Ese derecho de vender o comprar el activo se llama flexibilidad. En general se puede considerar que una opción es el derecho de ejecutar una acción, por ejemplo, la de aplazar, expandir, contratar o abandonar un proyecto durante un determinado tiempo, el cual se conoce como la vida de la opción. Es muy importante reconocer dónde aparecen estos derechos.

Existen dos tipos fundamentales de opciones: la opción de compra («call», en inglés) y la opción de venta («put», en inglés).

a. Opción de compra («call»)

Es un contrato que proporciona a su poseedor (el comprador) el derecho (no la obligación) a comprar un número determinado de acciones, a un precio establecido, en cualquier momento antes de una fecha determinada, o bien únicamente en esa fecha. El número de acciones, la descripción de las mismas (clase y empresa), el precio de ejecución del

¹⁹ COX, J., ROSS, S., y RUBINSTEIN, M.: "Options pricing: a simplified approach". Journal of Financial Economics. nº 7. 1979. Pg. 229-263.

contrato y la fecha hasta la que el contrato tiene validez son las características fundamentales del contrato.

El comprador tiene la alternativa de ejercer o no su derecho, mientras que el vendedor está obligado a satisfacer el requerimiento del comprador.

Una opción que puede ejercerse únicamente en una fecha determinada se denomina opción europea; si puede ejercerse en cualquier momento hasta dicha fecha (incluida), se denomina opción americana.

b. Opción de venta («put»).

Es un contrato que proporciona a su poseedor (el comprador) el derecho (no la obligación) a vender un número determinado de acciones, a un precio establecido, en cualquier momento antes de una fecha determinada, o bien únicamente en esa fecha. El comprador de la opción de venta tiene la alternativa de ejercer o no su derecho (vender), mientras que el vendedor está obligado a satisfacer el requerimiento del comprador.

Las seis variables fundamentales que influyen en el precio de la opción son:

- * El precio de la acción a que se refiere la opción (S)
- * El precio de ejercicio de la opción (K)
- * La volatilidad de la acción
- * El tipo de interés sin riesgo
- * Los dividendos que recibirá la acción antes de la fecha de ejercicio
- * El tiempo que resta hasta la última fecha de ejercicio

El precio de la acción a que se refiere la opción (S). El valor de una call aumenta con el precio de la acción, mientras que el valor de la put disminuye. En el caso de una opción europea esto es evidente. En el instante del ejercicio, el poseedor de la call puede optar por pagar el ejercicio (K) y recibir una acción de valor S: sus ganancias son (S-K), por lo que le interesa que S sea grande. En el momento del ejercicio, el

poseedor de una put realiza una ganancia $(K-S)$ ya que cobra K a cambio de entregar una acción: su beneficio es mayor cuanto menor sea el precio de la acción.

El precio de ejercicio de la opción (K). Un aumento en el precio de ejercicio (K) disminuye el valor de una call y aumenta el valor de una put. Al ejercer una call, su poseedor gana $(S-K)$. Así pues le interesa que el pago que ha de efectuar sea pequeño. Lo contrario le ocurre al poseedor de una put. Si la ejerce, ganará $(K-S)$. El precio de ejercicio es el cobro que recibirá, por lo que le conviene que sea elevado.

La volatilidad de la acción. Tanto si la opción es de compra o de venta, su valor es mayor cuanto mayor es la volatilidad prevista para el futuro de la acción a la que se refiere. Esto es así porque el poseedor de una opción se beneficia de las oscilaciones del precio de la acción en un sentido (al alza si la opción es una call y a la baja si es una put), mientras que está protegido contra los movimientos en sentido contrario.

El tipo de interés sin riesgo. El tipo de interés afecta al valor de una opción porque el valor actual neto del precio de ejercicio de la opción depende de los tipos de interés. Así pues, una call tiene más valor cuanto mayor es el tipo de interés, porque el VAN del precio de ejercicio es menor cuanto mayor sea la tasa de descuento, esto es, el tipo de interés. En el caso de una put, ocurre lo contrario: su valor disminuye al aumentar el tipo de interés.

Los dividendos que recibirá la acción antes de la fecha de ejercicio. Los dividendos afectan a la opción porque cuando una acción paga un dividendo, el precio de mercado de la misma se ajusta para reflejar el dividendo pagado (disminuye). Así, el poseedor de una call preferirá que la acción no pague dividendos o que pague el menor dividendo posible. El poseedor de una opción de venta preferirá que la acción pague el mayor dividendo posible porque de este modo el precio de la acción en la fecha de ejercicio será menor.

El tiempo que resta hasta la última fecha de ejercicio. El tiempo hasta el ejercicio afecta al valor de la opción a través de tres variables mencionadas anteriormente:

Volatilidad: cuanto mayor es el tiempo hasta la fecha de ejercicio, mayor es la posibilidad de que el precio de la acción aumente o disminuya.

Precio de ejercicio: cuanto mayor es el tiempo hasta la fecha de ejercicio, menor es el VAN del precio de ejercicio.

Dividendos: cuanto mayor es el tiempo hasta la fecha de ejercicio, mayores son los dividendos que pagará la empresa.

No obstante, no todas estas variables afectan del mismo modo. El efecto total dependerá de la suma de los efectos parciales de cada una de estas tres variables. En general, en el caso de opciones americanas, tanto call como put, aumentan de valor cuanto mayor es el tiempo hasta la fecha de ejercicio. Si se trata de opciones europeas, es necesario estudiar cada caso en particular.

Por otra parte, es importante comprender que las opciones se pueden clasificar atendiendo a si el precio del activo subyacente es mayor o menor que su precio de ejercicio en:

a) Opciones dentro de dinero (in-the-money, o ITM): Son aquéllas que si se ejerciesen ahora mismo proporcionarían una ganancia.

Así, las opciones de compra serán ITM cuando el precio de ejercicio sea inferior al precio del activo subyacente, mientras que en las de venta ocurrirá justo al contrario.

b) Opciones fuera de dinero (out-of-the-money, o OTM): Son aquéllas que si se ejerciesen ahora mismo proporcionarían una pérdida. Así, las opciones de compra serán OTM cuando el precio de ejercicio sea superior al precio del activo subyacente, mientras que en las de venta ocurrirá justo al contrario.

- c) **Opciones en el dinero (at-the-money, o ATM):** Son aquéllas cuyo precio de ejercicio es igual, o muy parecido, al precio del activo subyacente.

2.3.3 TIPOS DE OPCIONES REALES

Existen más tipos de opciones reales además de los anteriormente expuestos todos ellos pueden verse de forma resumida en el cuadro 10, en la que además se muestra qué especialistas los han analizado.

PRINCIPALES OPCIONES

Categoría	Descripción	Importante en:	Analizado por:
Opción para <i>diferir</i>	La gerencia mantiene un alquiler o una opción de compra sobre un terreno, o recurso, valioso. Puede esperar (x años) para ver si los precios de los outputs justifican la construcción de un edificio, instalaciones, o el desarrollo del terreno.	Todas las industrias extractivas de recursos naturales; inmobiliarias; granjas; papeleras; etc.	Tourinho (1979): "The Option Value of Reserves of Natural Resources". <i>Working Paper</i> . University of California-Berkeley. Titman (1985): "Urban Land Prices under Uncertainty", <i>American Economic Review</i> 75, 3 (Jun). Pp.: 505-514
<i>Tiempo para crear la opción (inversión por etapas)</i>	La inversión en etapas, a través de una serie de desembolsos, crea la opción de abandonar el proyecto a mitad de camino si la nueva información fuese desfavorable. Cada etapa puede ser contemplada como una opción sobre el valor de las etapas posteriores y valorada como una opción compuesta	Proyectos de I+D, especialmente farmacéuticos o biotecnológicos; Proyectos que impliquen grandes desembolsos durante mucho tiempo: construcción a gran escala, plantas generadoras de energía, capital-riesgo al arrancar un negocio, etc.	Majd&Pindyck (1987): "Time to Build, Option Value, and Investment Decisions", <i>Journal of Financial Economics</i> 18 (Mar.). Pp.: 7-27 Carr (1988): "The Valuation of Sequential Exchange Opportunities", <i>Journal of Finance</i> 43, 5 (Dic.) Pp.: 1235-1256
Opción para <i>alterar la escala de las operaciones</i> (p.e. <i>expandir, reducir, cerrar y reiniciar</i>)	Si las condiciones del mercado son más favorables que las esperadas, la empresa podrá expandir la escala de producción o acelerar la utilización de los recursos. Si no ocurriese así, se podrá reducir la escala	Industrias de recursos naturales como las mineras; Planificación y construcción de productos en sectores cíclicos; Moda; Bienes de consumo; Inmobiliarias, etc.	Brennan & Schwartz (1985): "Evaluating Natural Resource Investments", <i>Journal of Business</i> 58,2 (Abril). Pp.: 135-157

	de las operaciones y en casos extremos se podrían detener totalmente y reiniciarlas cuando convenga.		
Opción de abandono	Si las condiciones del mercado descienden fuertemente, la gerencia puede abandonar las operaciones actuales permanentemente y proceder a liquidar los activos de la empresa en el mercado de segunda mano.	Industrias de capital intensivo: aerolíneas y ferrocarriles; Servicios financieros; Introducción de nuevos productos en mercados inciertos.	Myers &Majd (1990): "Abandonment Value and project Life" <i>Advances in Futures and Options Research</i> 4. Pp.: 1-21
Opción de cambio (p.e. <i>outputs</i> o <i>inputs</i>)	Si los precios o la demanda varían, la gerencia puede cambiar la combinación de los outputs ofertados (flexibilidad de la producción). Alternativamente, los mismos outputs pueden fabricarse utilizando diferentes tipos de inputs (flexibilidad del <i>proceso</i>).	<u>Cambios en los outputs:</u> Bienes con una demanda muy volátil, p.e: electrónica de consumo, juguetes, componentes de maquinaria, autos... <u>Cambios en los inputs:</u> Productos que dependen fuertemente del suministro de materias primas, p.e.: petróleo, energía eléctrica, química, agrícolas...	Margrabe (1978): "The Value of an Option to Exchange One Asset for Another". <i>Journal of Finance</i> 33, 1 (Mar.). pp.: 349-360 Kensinger (1987): "Adding the Value of Active Management into the Capital Budgeting Equation", <i>Midland Corporate Finance Journal</i> 5, 1 (Primavera) Pp.: 31-42
Opciones de crecimiento	Una inversión temprana (p.e. I+D, arrendamiento sobre terreno no desarrollado o reservas petrolíferas, adquisición estratégica, redes/infraestructura de información) es un prerequisite o enlace en una cadena de	Industrias basadas en infraestructura o estratégicas, especialmente de alta tecnología, I+D, o industrias con múltiples generaciones o aplicaciones de productos (p.e: informática, farmacéuticas...);	Myers (1977): "Determinants of Corporate Borrowing". <i>Journal of Financial Economics</i> 5,2 (Nov) Pp.: 147-175 Brealey& Myers (1991): <i>Principles of Corporate Finance</i> . McGraw Hill. Nueva York

	<p>proyectos interrelacionados, que posibilitan futuras oportunidades de crecimiento (p.e. procesos o productos de nueva generación, acceso a nuevos mercados, fortalecimiento de las capacidades internas). Como opciones compuestas dentro del proyecto global.</p>	<p>Operaciones multinacionales; Adquisiciones estratégicas.</p>	<p>Kester (1984): "Today's Options for Tomorrow's Growth", <i>Harvard Business Review</i> 62,2 (Mar). Pp.:153-160</p>
<p>Opciones con múltiples interacciones</p>	<p>En la vida real los proyectos implican a menudo un <i>compendio</i> de varias opciones, que favoreciendo el crecimiento en caso de ascenso (call) y protegiendo en caso de descenso (put), se presentan conjuntamente. Su valor combinado puede diferir de la suma de las opciones individuales (porque interactúan entre sí). Pueden también interactuar con opciones de flexibilidad financiera</p>	<p>Los proyectos de la mayoría de las industrias comentados anteriormente.</p>	<p>Trigeorgis (1993): "Real Options and Interactions with Financial Flexibility", <i>Financial Management</i> 22, 3 (Otoño). Pp.: 202-224</p> <p>Brennan & Schwartz (1985): "Evaluating Natural Resource Investments", <i>Journal of Business</i> 58,2 (Abril). Pp.: 135-157</p> <p>Kulatilaka&Trigeorgis (1994): "The General Flexibility to Swicht: Real Options Revisited", <i>International Journal of Finance</i> 6,2 (Primavera)</p>

2.3.4 DETERMINACIÓN DE LA VOLATILIDAD DE LAS OPCIONES REALES

Hay tres posibles formas de estimar la volatilidad del rendimiento del activo subyacente de la opción implícita en el proyecto de inversión.

- 1°. *Adivinar*: El coeficiente de volatilidad (*beta*) y el riesgo total (*s*) están positivamente correlacionados en una gran muestra de activos operativos, es decir, aquéllos que tengan grandes *betas* tendrán un mayor riesgo total. Los proyectos individuales suelen tener mayores volatilidades que una cartera diversificada de los mismos proyectos pero, obsérvese, que una volatilidad del 20-30% anual no es demasiado alta para un proyecto individual.
- 2°. *Utilizar datos históricos*: En algunos sectores la volatilidad puede estimarse a través de los datos históricos de los rendimientos de las inversiones. En otros casos, además, las volatilidades implícitas pueden calcularse a través de los precios de mercado de las opciones sobre acciones. Aunque es necesario realizar algún tipo de ajuste porque, por ejemplo, los rendimientos de las acciones están apalancados y son más volátiles que los rendimientos de los activos subyacentes.
- 3°. *Simular*. A través de la simulación Montecarlo y de las proyecciones sobre escenarios futuros en una hoja de cálculo se pueden extraer distribuciones de probabilidad de los rendimientos proyectados.

2.3.5 Opciones Financieras y Opciones Reales

El análisis de las opciones reales fue acaso el tema que despertó mayor curiosidad intelectual y el principal tema objeto de investigación en el campo de las finanzas y la economía empresarial durante la década de 1990 y lo sigue siendo en lo que va de la década siguiente. Una opción es el derecho (el derecho pero no la obligación, de ahí que el término correcto a utilizar sea el de opción) a comprar (opción de compra) o a vender (opción de venta) un bien (activo real o financiero) a un precio (precio de ejercicio)

en una fecha o dentro de un plazo señalados previamente en un contrato. Los contratos de opción sobre determinados activos reales o mercancías, así como el desarrollo de los correspondientes mercados secundarios, no son nada nuevo en el mundo de la economía y del comercio. Lo que sí es mucho más reciente y novedoso es el extraordinario desarrollo del tráfico mercantil sobre activos financieros durante las tres últimas décadas del siglo XX y los años que han transcurrido del siglo XXI.

Consecuencia o corolario a su vez del extraordinario desarrollo de los mercados de valores.

La Teoría de la valoración de opciones sobre activos financieros se desarrolló de manera espectacular después del trabajo publicado por Fisher Black y Myron Scholes en 1973, a los que hay que añadir los de Robert Merton y Cox - Rox - Rubinstein, entre otros muchos autores.

Por análisis de opciones reales (u opciones reales, simplemente) se entiende el intento de aplicar la metodología de las opciones financieras a la gestión de activos reales, esto es, a la valoración de inversiones productivas o empresariales. Pero ello no es factible o sólo lo es parcialmente, y de ahí que hayan tenido que desarrollarse métodos alternativos.

Las opciones reales son aquellas cuyo activo subyacente es un activo real como, por ejemplo, un inmueble, un proyecto de inversión, una empresa, una patente, etcétera.

El valor de ambos tipos de opciones es función de:

- a) **El precio del activo subyacente (S):** En la opción financiera indica el precio actual del activo financiero subyacente; mientras que en la opción real indica el valor actual del activo real subyacente, es decir, el valor actual de los flujos de caja que se espera genere dicho activo a lo largo de su vida futura.

En el caso de la opción financiera lo normal es conocer con certeza el precio del activo financiero subyacente, mientras que en el caso de las opciones reales muchas veces el valor actual del activo real subyacente sólo se conoce de forma aproximada.

- b) **El precio de ejercicio (X):** En la opción financiera indica el precio al que el propietario de la opción puede ejercerla, es decir, el precio que debe pagar para comprar el activo financiero subyacente (call), o el precio que le pagarán por venderlo (put). En la opción real, indica el precio a pagar por hacerse con el activo real subyacente, es decir, con sus flujos de caja (por ejemplo, en un proyecto de inversión, será el desembolso inicial); o el precio al que el propietario del activo subyacente tiene derecho a venderlo, si la opción es de venta.
- c) **El tiempo hasta el vencimiento (t):** Tiempo de que dispone su propietario para poder ejercer la opción.
- d) **El riesgo o volatilidad (σ):** Varianza, o desviación típica, de los rendimientos del activo subyacente. Indica la volatilidad del activo subyacente cuyo precio medio es S pero que oscilará en el futuro. Desde el punto de vista de las opciones reales, la volatilidad nos indica cuán equivocadas pueden estar nuestras estimaciones acerca del valor del activo subyacente. Cuanto más incertidumbre exista acerca de su valor, mayor será el beneficio que obtendremos de la captación de información (de aprender, en una palabra) antes de decidimos a realizar, o no, el proyecto de inversión.
- e) **El tipo de interés sin riesgo (R_f):** Refleja el valor temporal del dinero.
- f) **Los dividendos (D):** Dinero líquido generado por el activo subyacente durante el tiempo que el propietario de la opción la posee y no la ejerce. Si la opción es de compra, este dinero lo pierde el propietario de la opción (porque si hablamos de una opción de compra de acciones, mientras ésta no se ejerza su propietario no será accionista y, por tanto, no tendrá derecho a los dividendos). En el caso de las opciones reales de compra, es el dinero que genera el activo subyacente (o al que se renuncia) mientras el propietario de aquélla no la ejerza.

2.3.6 Los Proyectos de Inversión Como Opciones Reales

Cuando valoramos un proyecto de inversión realizamos una previsión de todos los flujos de caja que promete generar en el futuro y procedemos a calcular su valor actual con objeto de poder compararlo con el desembolso inicial que implica la realización de dicho proyecto. Uno de los criterios de comparación más comúnmente empleados en las empresas es el del valor actual neto (VAN) que, además, es el criterio más acorde al objetivo general de todo directivo: la maximización del valor de la empresa; puesto que indica exactamente cuánto aumentará de valor la compañía si realiza el proyecto que se está valorando. Su ecuación general es la siguiente:

$$VAN = -A + \sum_{j=1}^{j=n} \frac{FC_j}{(1+k)^j}$$

Donde el desembolso inicial del proyecto viene representado por A, los diversos flujos de caja por FC_j, el horizonte temporal del proyecto por n, y la tasa de descuento (el costo de oportunidad del capital) apropiada al riesgo del proyecto por k. Este criterio considera efectuable un proyecto de inversión cuando el VAN es positivo, es decir, cuando la totalidad de los flujos de caja esperados descontados a una tasa apropiada al riesgo del proyecto supera al coste de realizarlo. Por el contrario, si el VAN fuese negativo, sería desaconsejable realizar el proyecto. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que cuando se analiza un proyecto de inversión bajo la óptica del criterio de valoración VAN de forma habitual se realizan una serie de supuestos que afectan al resultado obtenido (El problema no es del método sino de cómo se utiliza). Los principales son:

a. Los flujos de caja que el proyecto promete generar pueden reemplazarse por sus valores medios esperados y éstos se pueden tratar como valores conocidos desde el principio del análisis. Este supuesto implica ignorar que la directiva puede alterarlos al adaptar su gestión a las condiciones imperantes en el mercado durante toda la vida del proyecto.

Esta flexibilidad operativa aporta valor al proyecto de inversión, valor que el método VAN no refleja.

b. La tasa de descuento es conocida y constante, dependiendo únicamente del riesgo del proyecto. Lo que implica suponer que el riesgo es constante, suposición falsa en la mayoría de los casos, puesto que el riesgo depende de la vida que le quede al proyecto, de la rentabilidad actual del mismo a través del efecto del apalancamiento operativo y de las decisiones que se vayan tomando a lo largo de su vida. Por tanto, la tasa de descuento varía con el tiempo y, además, es incierta.

c. La necesidad de proyectar los valores esperados del activo subyacente a lo largo de todo el horizonte temporal del proyecto es algo imposible o temerario en algunos sectores, porque la gran variabilidad de aquéllos obligaría a esbozar todos los posibles caminos seguidos por los precios al contado a lo largo del horizonte de planificación. Como esto es muy difícil de hacer, de cara a la aplicación del VAN, arbitrariamente se eligen unos pocos de los muchos caminos posibles.

Las principales limitaciones en el uso del VAN surgen debido a que éste es un método desarrollado inicialmente para la valoración de los bonos sin riesgo, y cuya utilización se extendió también a la valoración de los proyectos de inversión reales (se hace una analogía entre los cupones del bono y los flujos de caja del proyecto). Sin embargo, la analogía apropiada dependerá del tipo de proyecto analizado, así en el caso de los recursos naturales, en los proyectos de I+D y en otros tipos de proyectos reales las opciones financieras resultan ser una mejor analogía que los bonos. En todo caso, los métodos clásicos de valoración de proyectos, que son idóneos cuando se trata de evaluar decisiones de inversión que no admiten demora (o se realiza ahora, o ya no se hace), infravaloran el proyecto si:

a) Posee una flexibilidad operativa. Es decir, se puede hacer ahora, o más adelante, o no hacerlo, o ampliarlo, o reducirlo, o abandonarlo, etc. Por ejemplo, una empresa puede elegir diferir la realización de un proyecto durante un tiempo hasta que consiga obtener más información del mercado; el VAN asignaría un valor negativo a dicho proyecto mientras que el análisis mediante opciones reales

asignaría un valor al potencial futuro del proyecto y, por tanto, a la propia decisión de esperar. “La posibilidad de retrasar un desembolso inicial irreversible puede afectar profundamente la decisión de invertir. Esto, también, erosiona la sencilla regla del valor actual neto, y desde aquí el fundamento teórico de los típicos modelos de inversión neoclásicos”.

- b) Es contingente. Esto indica que hay decisiones de inversión futuras que dependen de los resultados obtenidos por un proyecto realizado en la actualidad. Hay proyectos que para ser acometidos necesitan de la realización obligatoria de otro proyecto, aunque éste tenga un VAN negativo. Por ejemplo las inversiones de las empresas farmacéuticas se dividen en fases que son contingentes entre sí y con respecto a que se obtengan determinados resultados en cada una de ellas. Lo mismo se podría decir del capital riesgo, de las inversiones estratégicas, etc.
- c) Su volatilidad es alta. Los proyectos más volátiles son los que poseen unas opciones más valiosas gracias a la asimetría existente sobre el valor actual del proyecto; mientras que la tasa de descuento de los flujos de caja esperados es más alta al analizarlos desde la óptica del VAN lo que implica un menor valor de éste último.

Por tanto, podemos redefinir la regla de decisión del VAN que, recordemos, recomendaba aceptar un proyecto cuando el valor de una unidad de capital era superior o igual a su coste de adquisición e instalación. Esta regla es incorrecta porque ignora el coste de oportunidad de realizar la inversión ahora, renunciando a la opción de esperar para obtener nueva información. Por tanto, para que un proyecto de inversión sea efectuable el valor actual de los flujos de caja esperados deberá ser superior a su coste de adquisición e instalación, al menos, en una cantidad igual al valor de mantener viva la opción de inversión. Dicho de otro modo, el valor global de un proyecto de inversión en la actualidad, llamémoslo VAN total (mientras que denominaremos VAN básico al clásico valor actual neto), será igual a:

$$\text{VAN total} = \text{VAN básico} + \text{VA (opciones implícitas)}$$

Como se puede observar el cálculo del VAN básico es un dato necesario para poder valorar las opciones reales implícitas; de hecho, ambos juegan un papel esencial en el presupuesto de capital. La valoración de proyectos de inversión a través de la metodología de las opciones reales se basa en que la decisión de invertir puede ser alterada fuertemente por: el grado de irreversibilidad, la incertidumbre asociada y el margen de maniobra del decisor. En concreto, la valoración de las opciones reales es más importante cuando:

- a) Existe una gran incertidumbre donde el equipo directivo puede responder flexiblemente a la nueva información. Si la incertidumbre fuese pequeña o no existiese (una inversión en bonos sin riesgo, por ejemplo) las opciones reales carecerían de valor puesto que serían inútiles.
- b) El valor del proyecto está próximo a su umbral de rentabilidad (si el VAN es muy grande casi con toda seguridad el proyecto se realizará sea cuál sea su flexibilidad; por otro lado, si el VAN es muy negativo el proyecto será desechado sin hacer caso del valor de la flexibilidad). Imagine un proyecto con un VAN próximo a cero pero cuyo valor puede oscilar 300 millones de u.m. hacia arriba o hacia abajo, una opción de diferir el proyecto tendrá un gran valor porque permitirá esperar a ver por donde se decanta el VAN en el futuro.

Dicho esto, la valoración de una empresa o de un proyecto que proporciona algún tipo de flexibilidad futura (opciones reales) no puede realizarse correctamente con las técnicas tradicionales de actualización de flujos futuros (VAN o TIR).

Una opción real está presente en un proyecto de inversión cuando existe alguna posibilidad futura de actuación al conocerse la resolución de alguna incertidumbre actual. Un ejemplo típico son las concesiones petrolíferas. El pozo de petróleo se explotará o no dependiendo del precio futuro del petróleo.

El diseño de un nuevo producto es también una opción real: la empresa tiene la opción de ampliar instalaciones productivas o de cancelar la distribución en función del crecimiento futuro del mercado. Las inversiones en investigación y desarrollo también se deben analizar teniendo en cuenta las opciones reales.

Todo proyecto de inversión empresarial entraña algún grado de incertidumbre y cierto margen de flexibilidad. Las opciones reales se presentan en planes, proyectos, actuaciones o inversiones empresariales flexibles. Como, por ejemplo, abandonar o vender el proyecto de inversión antes de concluirlo, cambiar su uso o su tecnología o prolongar su vida; la opción de elegir una u otra capacidad de una inversión en planta; la flexibilidad de toda inversión en I + D y la elevada incertidumbre que generalizando afecta a este tipo de inversiones; las múltiples opciones de crecimiento que en determinados momentos se le presentan a una empresa, etcétera.

Como hemos dicho anteriormente, el método más universalmente aceptado para valorar y seleccionar inversiones es el del cash-flow descontado o valor actualizado neto (VAN). Después del desarrollo de la nueva metodología de las opciones reales el VAN ha de ser utilizado con mayor precaución. El VAN puede infravalorar un proyecto de inversión al omitir la valoración de ciertas opciones presentes en el mismo. Puede convenir incluso aceptar un proyecto de inversión con VAN negativo cuando esta cantidad es superada por el valor positivo de una opción real implícitamente contenida en él.

La esperanza matemática calculada haciendo uso de las probabilidades (subjetivas o riesgos neutrales), los árboles de decisión en una o más de una etapas (generalmente binomial o dicotómicas) y las fórmulas de valoración de opciones financieras son herramientas fundamentales de esta nueva metodología o filosofía, una nueva manera de abordar y resolver los problemas de decisión empresarial.

Las opciones reales crean valor, tanto mayor cuanto mayor sea la incertidumbre o grado de volatilidad de los flujos de caja esperados. Así mismo el valor de la opción es tanto mayor cuanto mayor sea su vida remanente. Tanto en las opciones financieras como en las reales su titular está

protegido frente a las pérdidas mientras que sus ganancias pueden ser muy elevadas.

En lo que atañe a las opciones financieras, el poseedor de una opción, tanto si es de venta como de compra, tiene limitado el riesgo de pérdida al valor pagado por la opción y está protegido frente a las oscilaciones del precio por debajo del precio de ejercicio en el caso de una opción de venta y por encima de dicho precio en el caso de una opción de compra, mientras que sus ganancias pueden ser muy elevadas cuando las oscilaciones del precio son de sentido contrario. De ahí que el valor de una opción sea tanto más elevado cuanto mayor sea la volatilidad del precio del activo subyacente.²⁰

En lo que hace al caso de las opciones reales, el decidor no elegirá aquellas ramas que parten de un nudo del árbol de decisión con valor negativo, ni tampoco las incluirá en el cálculo de la esperanza (o las incluye formalmente sustituyendo su valor negativo por el valor cero). La opción se ejerce o la decisión se toma cuando la incertidumbre ha devenido en información. Frente a cualquier alternativa de inversión real que arroja VAN negativo se tiene siempre la alternativa de invertir en el mercado financiero, cuyo VAN es igual a cero, cuando el mercado financiero es perfecto, como es sabido. Nunca se ejercerá una opción que empeore la situación inicial o de partida; sólo la ejercerá cuando la mejore.

A mayor riesgo mayor es el tipo de descuento a aplicar para calcular el VAN de una inversión real, lo cual reduce su valor o hace incluso que el valor del VAN se vuelva negativo. A mayor riesgo mayor es, sin embargo, el valor de la opción u opciones reales que en su caso pueda contener el proyecto.

El ejemplo más simple de opción real es cuando decidimos aceptar un proyecto de inversión porque su VAN es positivo, o lo rechazamos cuando el VAN es negativo. Diremos, por último, como autorizados especialistas sostienen, que la teoría de las opciones reales constituye un puente entre la teoría de las finanzas y la planificación estratégica empresarial.

²⁰FERNANDEZ, Pablo: "Valoración y ejercicio anticipado de la put americana". Análisis Financiero. nº 53. 1991. Pg. 66-70.

Los parámetros que determinan el valor de una opción financiera son distintos a los que afectan a una opción real. Estas diferencias en los parámetros aparecen en la tabla a continuación.

**PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA VALORACIÓN
FINANCIERA Y EN LA OPCIÓN REAL**

OPCION FINANCIERA	OPCION REAL
Precio de la acción	Valor esperado de los flujos
Precio del ejercicio	Costo de la inversión
Interés sin riesgo	Tasa de descuento con riesgo
Volatilidad	Volatilidad de los flujos esperados
Tiempo hasta el ejercicio	Tiempo hasta el ejercicio
Dividendos	Mantenimiento de la opción
Su valor depende de la revalorización esperada del subyacente	Su valor depende de la revalorización esperada del subyacente
El ejercicio de la opción es instantáneo	El ejercicio de la opción no sucede en un instante

Call no replicable = VAN (flujos esperados si se ejerce la opción) - VAN (inversión necesaria para ejercer la opción)

Si el proyecto está compuesto únicamente por una call, acometeremos el proyecto si “Call no replicable” > 0. Si hay que realizar alguna inversión inicial para acometer el proyecto, entonces acometeremos el proyecto si “Call no replicable” > inversión inicial:

Acometer el proyecto si: Call no replicable - inversión inicial > VAN (flujos esperados si se ejerce la opción) - VAN (inversión necesaria para ejercer la opción)

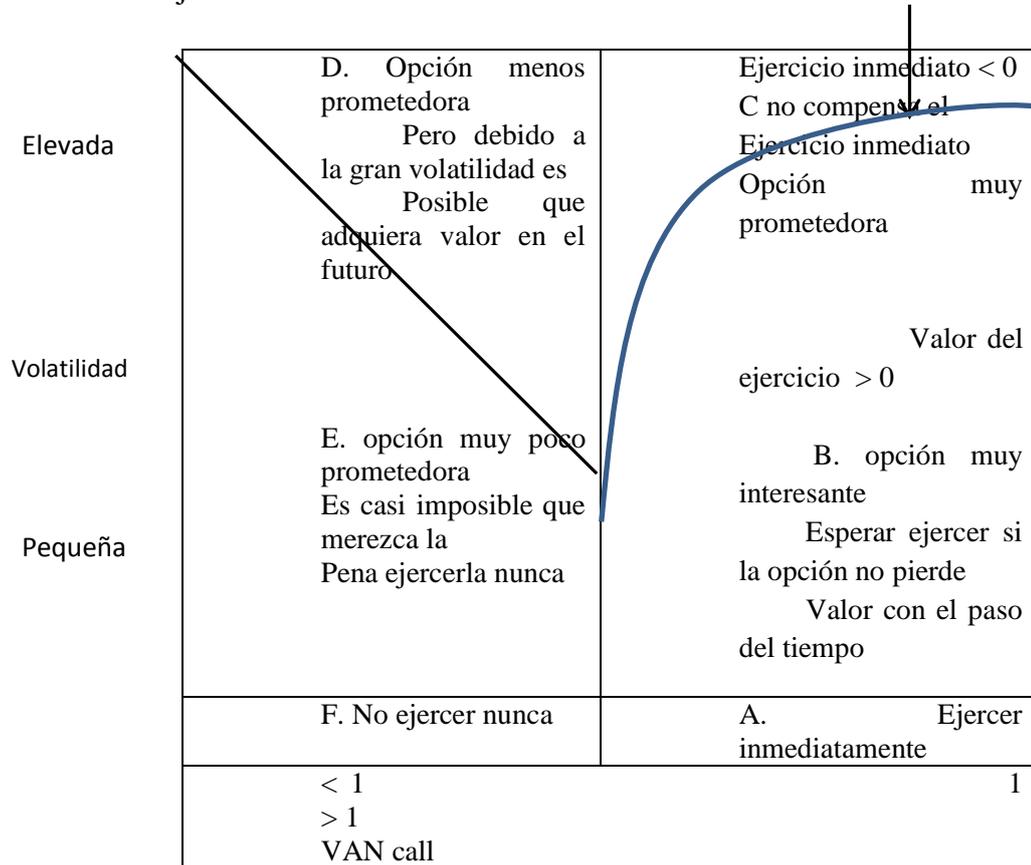
Siguiendo el procedimiento apuntado por Luehrman (1995), podemos definir:
 VAN call = VAN (flujos esperados si se ejerce la opción) / [VAN (inversión necesaria) + inversión inicial]

Lógicamente, interesa acometer el proyecto si VAN call > 1.

Esta descomposición permite realizar el siguiente gráfico que ayuda a visualizar el valor de las opciones y a dividirlos en seis tipos:

TIPO DE OPCIONES

Valor del ejercicio inmediato = 0



La línea curva corresponde a las opciones en las que el valor actual del ejercicio inmediato es cero. Esto se corresponde a las opciones con valor cero para $t=0$. A partir de, si $t=0$: $y = \infty$; $0 = S - K$.

Tipo A: muy poca volatilidad, VANcall superior a 1 y valor del ejercicio inmediato positivo. Son opciones que interesa ejercerlas inmediatamente. El esperar no les añade valor debido a la baja volatilidad.

Tipo B: VANcall superior a 1, mayor volatilidad y valor del ejercicio inmediato positivo. Son opciones que compensa ejercerlas

inmediatamente, pero esperar les añade valor debido a la mayor volatilidad.

Tipo C: VANcall superior a 1, valor del ejercicio inmediato negativo y volatilidad elevada. Son opciones que no compensa ejercerlas inmediatamente, pero esperar les añade valor debido a la volatilidad. Son opciones muy prometedoras pues las expectativas de volatilidad hacen que $\text{VANcall} > 1$.

Tipo D: VAN call menor que 1, valor del ejercicio inmediato negativo y volatilidad elevada. Son opciones que no compensa ejercerlas inmediatamente, pero esperar les añade valor debido a la volatilidad. Con las expectativas actuales de volatilidad no compensará ejercerlas nunca pues $\text{VAN call} < 1$, pero es posible que si aumenta la volatilidad o se logra mejorar la opción tenga valor en el futuro.

Tipo E: VAN call menor que 1, valor del ejercicio inmediato negativo y volatilidad elevada. Son opciones que no compensa ejercerlas inmediatamente y con las expectativas actuales de volatilidad no compensará ejercerlas nunca pues $\text{VAN call} < 1$. Es prácticamente imposible que la opción tenga valor en el futuro.

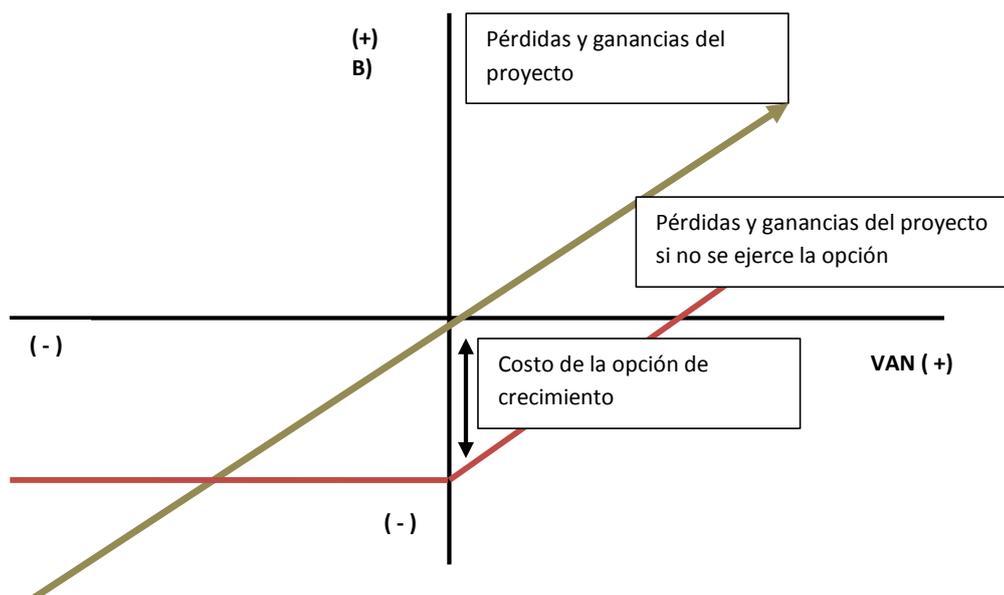
Tipo F: VAN call menor que 1, valor del ejercicio inmediato negativo y muy poca volatilidad. Son opciones que no compensa ejercerlas nunca.

2.3.7 Opciones Exclusivas Versus Opciones Compartidas

Entre las variables que afectan al valor de las opciones reales hemos visto que una de ellas es el riesgo o volatilidad del activo real subyacente. Esta variable juega a favor del valor de las opciones, de tal manera que cuando el riesgo aumenta provoca un incremento del valor de las opciones, y si aquél se reduce se producirá un descenso del valor de la opción. Como ya

vimos en su momento el efecto positivo del riesgo se debe a que existe una asimetría entre las pérdidas y las ganancias. Así, en el caso de la opción para realizar (call) un proyecto de inversión, un aumento de los flujos de caja que se espera genere el proyecto subyacente hará aumentar la ganancia potencial para el propietario de la opción que, incluso, puede decidirse a ejercerla e invertir en el proyecto para conseguir un VAN suficientemente grande con bastante seguridad. Por otra parte, lo más que puede implicar un gran descenso de los flujos de caja esperados es que el propietario, al ver que su VAN sería negativo, no ejerza la opción de realizar la inversión y, por tanto, evite las pérdidas.

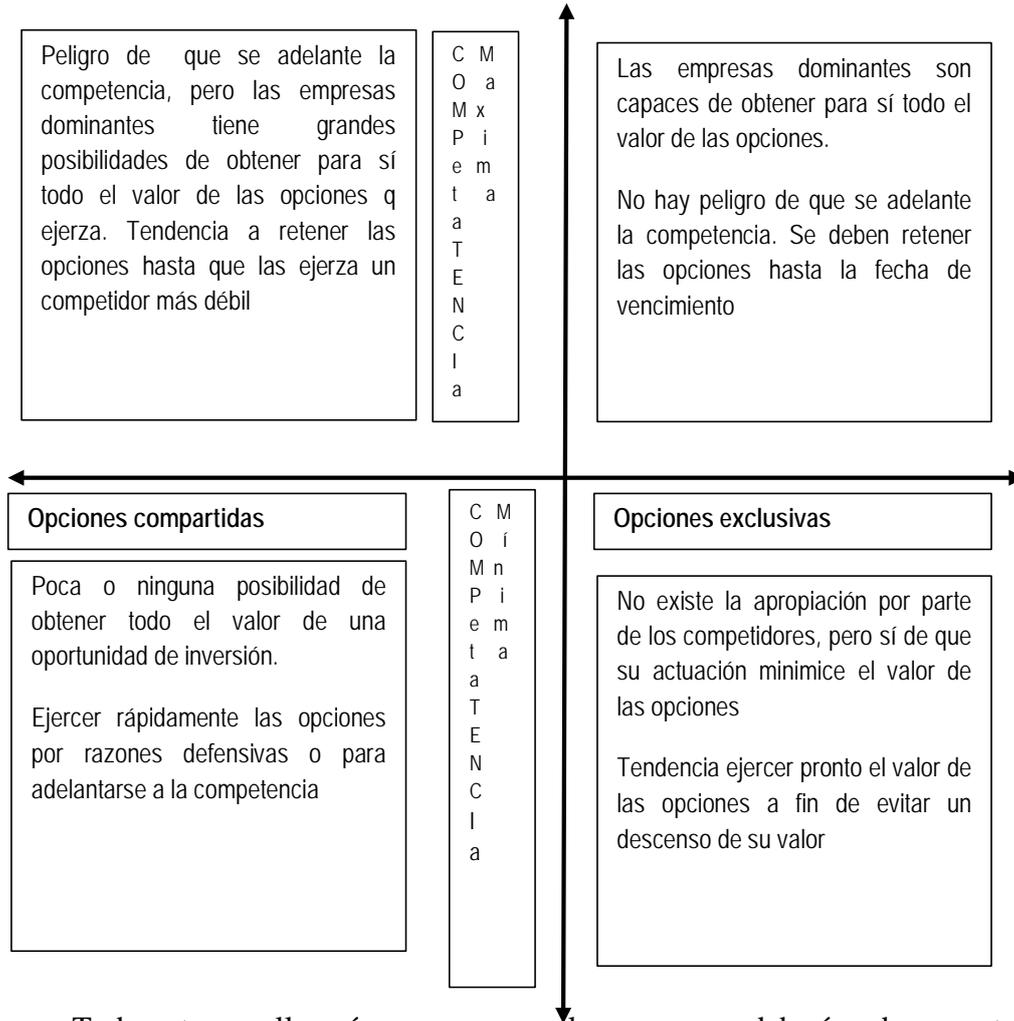
La asimetría entre las ganancias superiores y las pérdidas inferiores derivadas de la tenencia de una opción.



Esto se puede contemplar en la figura de arriba donde la diagonal representa el VAN real de un proyecto de inversión. Aunque inicialmente el VAN sea positivo, si el proyecto tiene mucho riesgo una vez iniciado, el inversor puede sufrir pérdidas si se da un escenario pesimista. Para evitar, esto se puede contemplar como una opción de compra, de tal manera que sólo se invierta dinero en el proyecto cuando haya constancia de que los flujos de caja van a crecer, asegurando con ello el éxito de la inversión. Pero para hacer esto es necesario poder esperar un cierto tiempo antes de acometer la

inversión con objeto de ver cómo evoluciona la demanda potencial del producto o servicio que va a generar el proyecto. A esta espera se le denomina opción de diferir y, como toda opción, cuesta dinero. Hay que tener en cuenta que, aunque un aumento del riesgo del proyecto puede aumentar el valor de la opción, en el contexto del presupuesto de capital, podría aumentar el coeficiente de volatilidad beta del activo subyacente y reducir el VAN básico a través del incremento de la tasa de descuento. Por ello, habrá casos en que el aumento de valor de la opción real supere al descenso del VAN básico pero existirán otros en que ocurra exactamente lo contrario. Concretando, un aumento del valor de la opción de diferir el proyecto de inversión no significa que aumente el deseo de realizarlo, puesto que el aumento del riesgo reduce el deseo de invertir en la actualidad, si no que potencia el valor de esperar a ver cómo se decantan los acontecimientos futuros.

OPCIONES COMPARTIDAS Y OPCIONES EXCLUSIVAS



Todo esto nos llevaría a pensar que las empresas deberían demorar todo lo posible la realización de sus proyectos hasta estar seguras de que éstos producen un VAN básico positivo, sin embargo, Kester²¹ observó que las empresas tienden a comprometer fondos en las inversiones más pronto que tarde, a pesar de la posibilidad de diferir en el tiempo dicho compromiso, lo que contradice lo comentado en los párrafos anteriores. El motivo para renunciar a mantener la opción de diferir el proyecto estriba en que una opción es más valiosa cuando se posee en exclusiva que cuando es compartida porque los competidores pueden replicar las inversiones de la empresa consiguiendo con ello la reducción de la rentabilidad del proyecto. Así que éste último se realizará antes de la fecha de vencimiento de la opción siempre que el coste de su diferimiento supere al valor sacrificado al ejercer

²¹KESTER, W. Carl (1986): "An Options Approach to Corporate Finance", en ALTMAN, Edward (ed.): *Handbook of Corporate Finance*. John Wiley. Nueva York. Cap. 5º

anticipadamente la opción de diferir la inversión. Este ejercicio de la opción suele ocurrir cuando:

- a) Las opciones son compartidas
- b) El VAN del proyecto es alto
- c) Los niveles de riesgo y de tipo de interés son bajos
- d) Hay una gran competitividad en el sector.

APROXIMACIÓN AL VALOR TEÓRICO DE UNA OPCIÓN

El valor (o la prima) de una opción se puede dividir en dos componentes:

- El valor intrínseco.
- El valor tiempo, valor temporal o valor extrínseco.

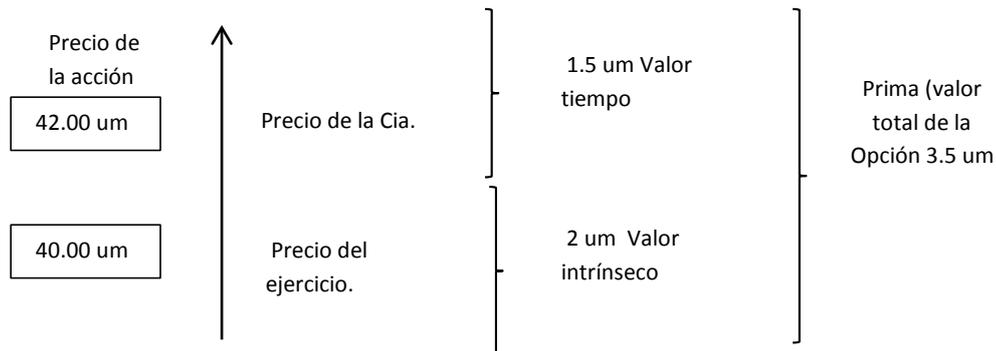
El valor intrínseco se puede definir como el valor que tendría una opción en un momento determinado si se ejerciese inmediatamente. Formalmente se calcula por las expresiones:

Para una opción de compra $V = \text{MAX} (0, S - E)$	Para una opción de venta: $V_p = \text{MAX} (0, E - S)$
Siendo: Vc, Vp = valor intrínseco de una opción de compra y una opción de venta S = precio del activo subyacente E = precio de ejercicio	

En función del valor intrínseco, las opciones se pueden clasificar en tres categorías:

- Opciones «dentro de dinero» (In-the-money, ITM)
- Opciones «en el dinero» (At-the-money, ATM)
- Opciones «fuera de dinero» (Out-of-the-money, OTM)

Valor intrínseco y valor temporal de una opción



Las opción es «dentro de dinero» son las que su valor intrínseco es positivo, es decir:

$S > E$ para las opciones CALL.

$E > S$ para las opciones PUT.

Obviamente, estas opciones están «dentro de dinero» porque su ejercicio nos produce un beneficio.

Las opciones «en el dinero» son aquellas cuyo precio de ejercicio coincide con el precio del subyacente, esto es:

$S = E$ para las CALL y las PUT.

Su valor intrínseco es nulo y su ejercicio no supone ni beneficio ni pérdida.

Las opciones «fuera de dinero» son aquellas cuyo ejercicio implica una pérdida.

En términos analíticos:

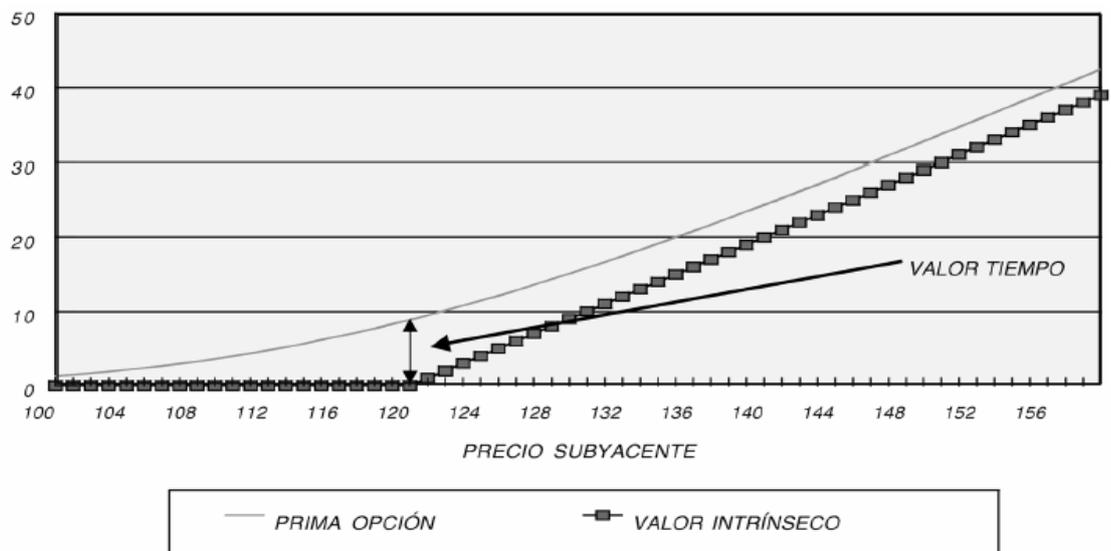
$S < E$ para las opciones CALL.

$E < S$ para las opciones PUT.

Dado que estas opciones no se ejercerán, el ejercicio se traduce en pérdidas, si asumimos que el comprador es racional, su valor intrínseco también es cero. Este razonamiento explica la definición de los valores intrínsecos de $\text{MAX}[0, S - E]$ para las CALL y $\text{MAX}[0, E - S]$ para las PUT.

Esta tipología de las opciones tiene su importancia y no es un mero «adorno» académico. Así, el valor de una opción CALL en función del precio del activo subyacente se representa en la figura de abajo. En dicha figura observamos cómo dicho valor intrínseco sólo toma valores a partir de precios superiores al precio de ejercicio, y su función es una recta. El valor tiempo viene determinado por la diferencia entre la curva del valor total o prima y la recta del valor intrínseco.

TIPOLOGIA DE OPCIONES



En finanzas, el método más habitual para valorar un activo se basa en:

- Estimar los flujos de caja a generar por dicho activo.
- Descontarlos a una tasa apropiada, generalmente el coste de oportunidad del capital.

Este método no sirve para las opciones ya que como indican Brealey y Myers (2002), el primer paso es confuso aunque factible y determinar el coste de capital para una opción es imposible dado que el riesgo de la misma varía en función de las fluctuaciones del precio del subyacente.

La mayoría de los modelos de valoración de opciones se basan en dos principios:

- (a) Valoración neutral al riesgo, ya que en muchos casos utilizaremos las probabilidades apropiadas en una hipótesis de neutralidad ante el riesgo.
- (b) Ausencia de arbitraje. Las primas estimadas para las opciones impiden el arbitraje entre una compra (o venta) de dichos contratos y una cartera «de réplica», formada por posiciones en el subyacente y en el activo libre de riesgo.

Aunque según algunos, el primer modelo de valoración de opciones fue propuesto por el premio nobel de Economía, Paul Samuelson (1965), la historia de la valoración de opciones comienza con el trabajo de Fisher Black y el también premio nobel MironScholes, publicado en 1973.

A partir del trabajo germinal de Black-Scholes (1973) (en adelante B-S), se han investigado diferentes modelos de evaluación que se intenta aplicar a opciones sobre activos subyacentes específicos (acciones, divisas, futuros, materias primas, etc.). Además, se puede decir que esta área de investigación es prioritaria en muchos centros de investigación financiera. A efectos metodológicos, los modelos de evaluación se pueden dividir en dos enfoques:

- Modelos analíticos, que en general se plantean en tiempo continuo, y suelen ser extensiones del modelo B-S.
- Modelos que exigen la utilización de algoritmos de cálculo numérico. El modelo más conocido dentro de este enfoque es el modelo de Cox-Ross-Rubinstein (1979), denominado generalmente modelo o método binomial.

En los últimos años para múltiples modalidades de opciones se utiliza el denominado método de Montecarlo propuesto por Boyle (1977).

El valor teórico de una opción es sencillamente el valor esperado de los beneficios actualizados que la opción puede proporcionar. Veremos un caso sencillo. Supongamos que tenemos una opción de compra sobre un activo cualquiera a un precio de ejercicio de 100. La opción es europea y tiene un vencimiento de un año. El tipo de interés anual es del 12% y los precios del activo al vencimiento pueden alcanzar los valores del Cuadro indicado líneas abajo. En dicho cuadro también se reflejan las probabilidades de ocurrencia de cada nivel de precios del subyacente y los valores intrínsecos de la opción para cada precio.

PRECIOS DEL SUBYACENTE AL VENCIMIENTO DE LA OPCIÓN

Precio del subyacente	Probabilidad (%)	Valor intrínseco
70	2	0
90	8	0
90	20	0
100	40	0
110	20	10
120	8	20
130	2	30

El valor teórico de esta opción es fácil de determinar; basta con calcular el valor actual al 12% de la esperanza matemática (o valor esperado) del valor intrínseco al vencimiento de la opción.

Es decir, si denominamos C al valor teórico de la opción

$$C = (1 / (1 + 0,12)) *$$

$$(0 * 0,02 + 0 * 0,08 + 0 * 0,20 + 0 * 0,40 + 10 * 0,20 + 20 * 0,08 + 30 * 0,02) = 3,75$$

Se podrá observar que los fundamentos de la valoración son simples y tienen su apoyo en conceptos clásicos de las finanzas y la teoría de la decisión (valor actual y valor esperado o esperanza matemática del valor). Los modelos que se usan en los mercados de opciones, por muy sofisticados y complejos que parezcan, utilizan exactamente los mismos principios. Donde radica la dificultad de la valoración, es en la definición de la evolución de los precios del subyacente y sus correspondientes probabilidades

2.3.8 Teorías Estadísticas De Valoración

METODO BINOMIAL

El modelo binomial, propuesto por Cox-Ross-Rubinstein (1979), parte del cumplimiento las hipótesis:

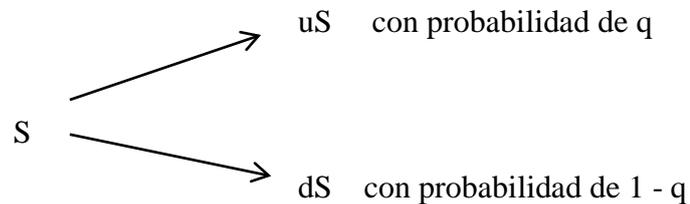
1. No existen impuestos y costos de transacción (corretajes, diferenciales entre precios de compra y venta en el mercado, etc.).
 2. Los activos son completamente divisibles. Es decir, podemos comprar 1,65 acciones o vender medio contrato de opción.
 3. Se pueden vender los activos «en descubierto» o «a crédito» sin límites. Esto es, podemos vender una acción sin poseerla previamente con el compromiso de entrega en una fecha posterior.
 4. No se exigen depósitos de garantía a la venta de opciones y a las ventas en descubierto.
 5. Se puede prestar y tomar prestado al mismo tipo de interés.
 6. Todas las transacciones se pueden realizar de forma simultánea.
 7. Las transacciones se realizan sin que afecten a los precios del mercado. Es decir, el mercado tiene una gran «profundidad» y no se ve influido por las transacciones de un agente económico en particular.
- Evidentemente, estas hipótesis no se cumplen en su totalidad en los mercados financieros actuales.

Adicionalmente se considera un supuesto adicional sobre la evolución de los precios del subyacente y en su versión original, el no reparto de dividendos por parte del subyacente.

Básicamente se asume:

- La eficiencia y profundidad de los mercados.
- La ausencia de costos de transacción.
- Es posible comprar y vender en descubierto, sin límite.
- Los activos son perfectamente divisibles.
- Se puede prestar y tomar prestado al mismo tipo de interés.
- Todas las transacciones se pueden realizar de forma simultánea.
- El precio del subyacente evoluciona según un proceso binominal multiplicativo.

La última hipótesis implica lo siguiente. Si S es el precio del subyacente en el momento presente, en un período la evolución del mismo será:



Dónde:

u representa el movimiento multiplicativo al alza del precio del subyacente en un período, con una probabilidad asociada de q .

d representa el movimiento multiplicativo a la baja del precio del subyacente en un período, con una probabilidad asociada de $(1 - q)$.

Si denominamos $\hat{r} : (1 + r_f)$, siendo r_f la rentabilidad del activo libre de riesgo al principio del período, se deben verificar que:

$$u > \hat{r} > d \dots\dots\dots [1]$$

con u y $\hat{r} > 1$ y $d < 1$.

La demostración de esta desigualdad es simple.

- Si $u > d > \hat{r}$, siempre sería mejor adquirir el activo subyacente (activo con riesgo) en vez del activo libre de riesgo. Nuestros conocidos «arbitrajistas» impedirían esta situación.

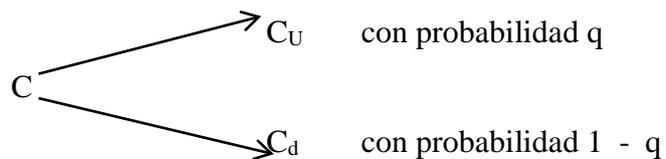
- Si $\hat{r} > u > d$, nadie compraría el activo subyacente a los precios actuales. Los mercados rebajarían el precio S hasta el nivel en que se cumpliera la ecuación.

Supongamos que tenemos una opción de compra europea con vencimiento a un período y con un precio de ejercicio E . Los valores al vencimiento de la opción serán:

$$C_u = \text{MAX} [0, uS - E]$$

$$C_d = \text{MAX} [0, dS - E]$$

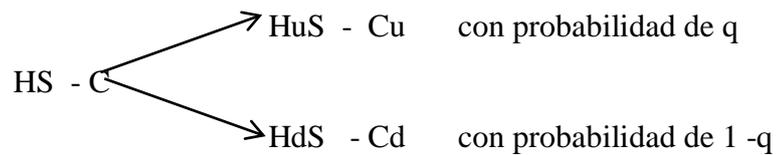
Es decir, el valor de la opción evolucionaría del siguiente modo:



En este mercado es posible construir una cartera de arbitraje mediante:

- La venta de una opción de compra (posición corta).
- La compra de H acciones (posición larga), o viceversa. H es el ratio de cobertura de la posición en opciones.

El valor de esta cartera tendrá la siguiente evolución:



Sólo existe un valor de H, para el que el valor de la cartera al final del período es único.

$$HuS - Cu = HdS - Cd$$

y despejando H,

$$H = \frac{Cu - Cd}{(u - d) * S}$$

En relación al activo libre de riesgo, la cartera también debe cumplir la siguiente igualdad:

$$HS - C = \frac{HuS - Cu}{\hat{r}} = \frac{HdS - Cd}{\hat{r}}$$

Es decir, su rentabilidad debe coincidir con la rentabilidad del activo libre de riesgo.

Despejando C,

$$C = \frac{\hat{r} HS * HuS + Cu}{\hat{r}} = \frac{1}{\hat{r}} \left[HS(\hat{r} - u) + CU \right]$$

Despejando H por su valor en:

$$C = \frac{1}{\hat{r}} \left[\frac{Cu - Cd}{u - d} * (\hat{r} - u) + Cu \right]$$

Agrupando términos

$$C = \frac{1}{\hat{r}} \left[Cu * \frac{\hat{r} - d}{u - d} + Cd * \frac{u - \hat{r}}{u - d} \right]$$

Si hacemos

$$p = \left[\frac{\hat{r} - d}{u - d} \right]$$

por lo tanto,

$$1 - p = 1 - \frac{\hat{r} - d}{u - d} = \frac{u - \hat{r}}{u - d}$$

$$C = \frac{1}{\hat{r}} [p * Cu + (1 - p) * Cd]$$

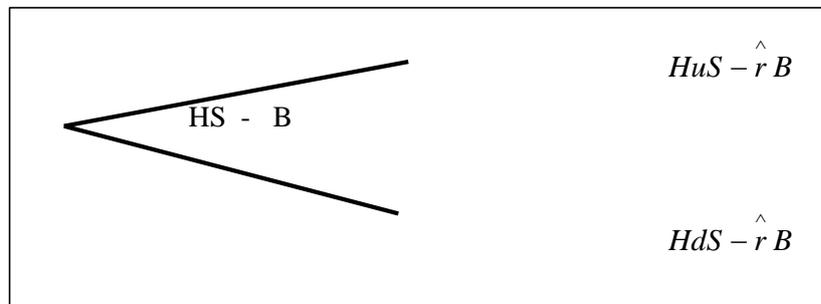
$$Cu = \text{MAX}[O, us - E]$$

$$Cd = \text{MAX}[O, ds - E] \dots\dots [3]$$

La expresión anterior nos proporciona un método para valorar una opción de compra europea en un período. Si denominamos por B el importe del activo libre de riesgo y acordamos que el signo positivo significa una inversión en dicho activo y el signo negativo representa un endeudamiento (posición corta en el activo libre de riesgo).

$$C = HS - B$$

La evolución de la «cartera de réplica» sería la siguiente:



Para que $(HS - B)$ sea equivalente a C , se debe elegir H y B de tal modo que

$$HuS - \hat{r}B = Cu \quad y \quad HdS - \hat{r}B = C$$

Despejando H y B, obtendremos

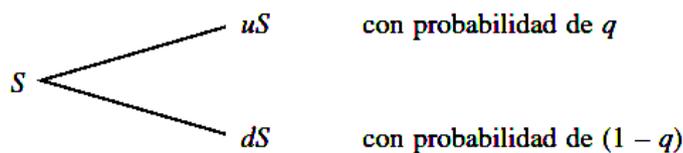
$$H = \frac{Cu - Cd}{(u - d)S} \quad y \quad B = \frac{dCu - uCd}{\hat{r}(u - d)}$$

Como indican Augros y Navatte (1987), la evolución de una opción de compra en el universo de un período por el método binomial arroja algunas conclusiones interesantes:

1. La probabilidad no interviene en la fórmula de valoración de la opción.
2. El valor de C no depende del riesgo del mercado, sino del carácter aleatorio de la evolución de los precios del subyacente.
3. El valor de C no depende de la actitud de los inversores ante el riesgo ya que no incluye ningún parámetro que se asocie con este factor. Por lo tanto, se puede admitir la evaluación de una opción, asumiendo arbitrariamente la hipótesis de neutralidad del inversor ante el riesgo.

Bajo estas hipótesis, se puede demostrar fácilmente que $p = q$.

La evolución del precio del subyacente la hemos esquematizado de la forma:



Si el inversor es neutro al riesgo, el rendimiento esperado de la acción debe ser igual a la tasa de rentabilidad del activo libre de riesgo. Es decir:

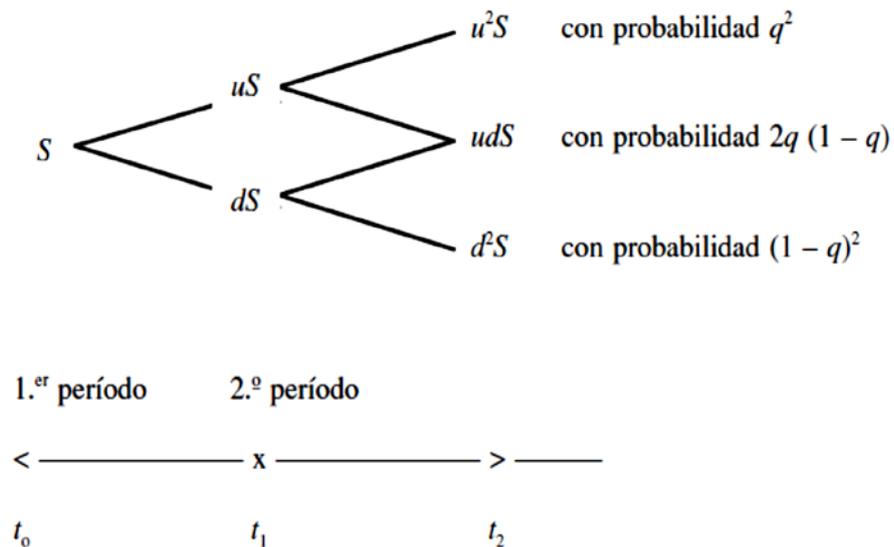
$$quS + (1 - q)dS = \hat{r} \cdot S$$

$$q = \frac{\hat{r} - d}{u - d} = p$$

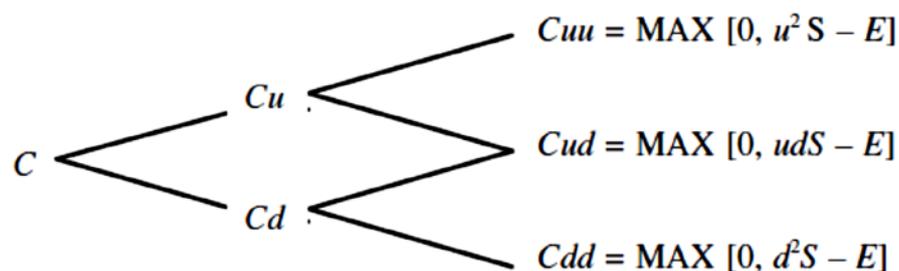
Por lo tanto, reiteramos lo comentado en el apartado 4.2, sobre cómo se debe calcular el valor teórico de una opción, ya que la expresión [3] es el valor actualizado de la esperanza matemática del valor intrínseco de la opción, asociando una probabilidad de p al precio uS y una probabilidad $(1 - p)$ al precio dS .

Extensión a n períodos

Un horizonte de dos períodos. Con dos períodos el diagrama de evolución del precio del subyacente será:

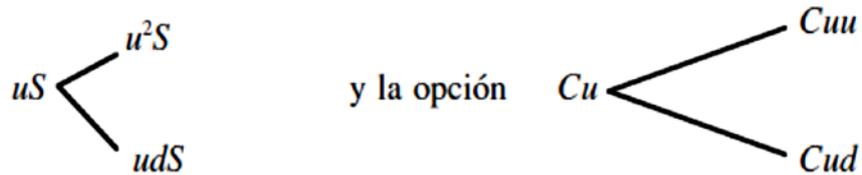


De forma similar el diagrama de evolución del valor de la opción sería:



Para un horizonte de dos períodos, aplicaremos el mismo método de la valoración que para un período. El método consiste en estimar C_u y C_d a partir de los valores intrínsecos conocidos en t_2 y, posteriormente, aplicando la ecuación [3] del apartado anterior, se calcula C . Así, en t_1 , el activo

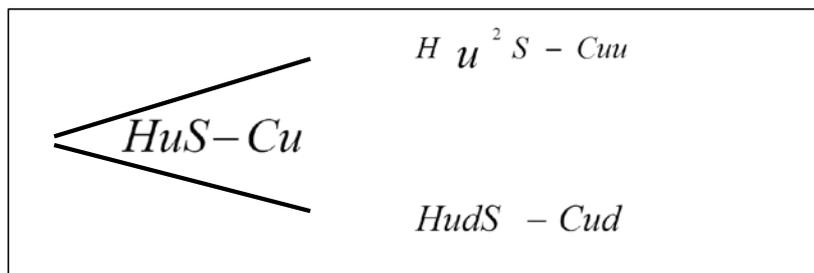
subyacente vale uS o dS . Cuando vale uS , su evolución para el siguiente período será:



Lo mismo que en el caso precedente, para un período, podríamos construir una cartera de arbitraje:

- Vendiendo una opción.
- Comprando H unidades del subyacente, o viceversa.

La evolución de la cartera será la siguiente:



H habrá de cumplir la igualdad:

$$H u^2 S - C_{uu} = H u d S - C_{ud}$$

por lo que

$$H = \frac{C_{uu} - C_{ud}}{(u - d)uS}$$

La cartera de arbitraje debe proporcionar un rendimiento equivalente a la rentabilidad del activo libre de riesgo. Es decir:

$$HuS - Cu = \frac{H U^2 S - C_{uu}}{\hat{r}} = \frac{HudS - C_{ud}}{\hat{r}}$$

Reemplazando H por su valor y despejando Cu, se obtiene:

$$Cu = \frac{1}{\hat{r}} [p \cdot C_{uu} + (1-p)C_{ud}] \quad \dots [4]$$

Con

$$p = \frac{\hat{r} - d}{u - d}$$

De forma análoga, situándonos en t1, y para un valor del subyacente de dS, por el mismo procedimiento, obtendríamos:

$$Cd = \frac{1}{\hat{r}} [p \cdot C_{ud} + (1-p)C_{dd}] \quad \dots [5]$$

Sustituyendo los valores de Cu y Cd de las expresiones [4] y [5] en la expresión [3]

$$C = \frac{1}{\hat{r}} [p \cdot C_{uu} + (1-p)C_{ud}]$$

Por lo tanto,

$$C = \frac{1}{\hat{r}^2} [p^2 \cdot C_{uu} + 2(1-p)C_{ud} + (1-p)^2 C_{dd}]$$

Y

$$C = \frac{1}{r} \left[p \cdot \text{MAX}[0, u^2 S - E] + (1-p) \cdot \text{MAX}[0, d^2 S - E] \right]$$

Expresión del valor de una opción CALL europea según el método binomial para dos períodos.

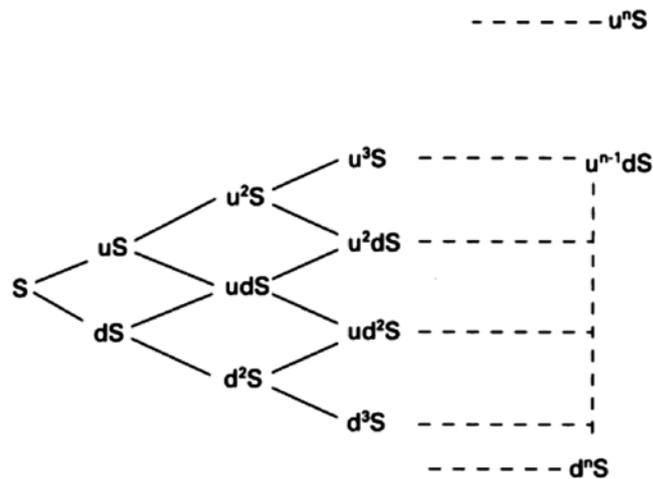
Generalización a “n” períodos.

Para n períodos, los precios del subyacente evolucionarán según el diagrama indicado líneas abajo y el valor de la opción según el diagrama resultante (ver siguiente figura). La valoración de la opción admite dos caminos:

1. Calcular los valores intrínsecos al final de los n períodos, y por un procedimiento recursivo calcular el valor de la opción en cada nudo del diagrama o «árbol», mediante la expresión ya conocida:

$$C_{t-1} = \frac{1}{r} \left[p \cdot C_{tu} + (1-p) C_{td} \right]$$

Evolución del activo subyacente según el proceso Binomial multiplicativo en n períodos



Dónde:

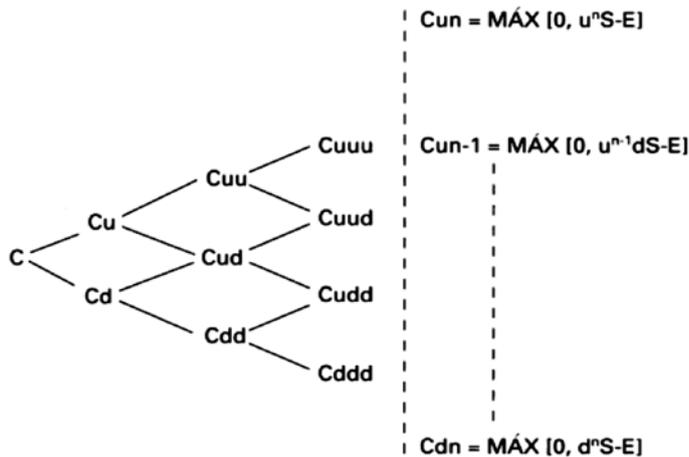
- p y r = expresan lo mismo que en ocasiones anteriores.
- C_{t-1} = valor de la opción en un nudo de $t - 1$.

C_{tu} = valor de la opción en t , cuando el precio del subyacente se multiplica por u de $t-1$ a t .

C_{td} = valor de la opción en t , cuando el precio del subyacente se multiplica por d , de $t-1$ a t .

El cálculo se inicia en n , último período asumido para la valoración. A partir de los valores intrínsecos en n se calculan los valores C_{n-1} y retrocediendo en el tiempo se calculan los C_{n-2} , C_{n-3} , etc., hasta C , el valor de la opción en el momento actual.

Evolución del valor de una opción de compra según el proceso binomial Multiplicativo en n períodos del subyacente



- Mediante la extensión de la ecuación [6] llegamos a la fórmula general de evaluación de una opción de compra europea para n períodos.

$$C = \frac{1}{r^n} \left[\sum_{j=0}^n \binom{n}{j} p^j (1-p)^{n-j} \text{MAX}(0, u^j d^{n-j} S - E) \right]$$

con $p = \frac{\hat{r} - d}{u - d}$, $\hat{r} = 1 + rf$, siendo rf la rentabilidad del activo libre de riesgo para un período y n el número de períodos considerados para la valoración.

¡! Es factorial de i, es decir el producto de $i * i - 1 * i - 2 * \dots * 2 * 1 *$

Por ejemplo, $5! = 5 * 4 * 3 * 2 * 1 = 120$

Con ambos métodos se llega, obviamente, al mismo valor.

METODO DEL MODELO DE BLACK Y SCHOLES

El modelo de Black-Scholes sigue los mismos supuestos que el modelo binomial pero considera que el precio del activo se distribuye según una normal logarítmica por lo que su varianza es proporcional al tiempo. Los supuestos del modelo son los siguientes:

1. El precio del activo sigue una distribución normal logarítmica
2. El valor de los rendimientos es conocido y proporcional al paso del tiempo
3. No hay costos de transacción
4. La tasa de interés libre de riesgo es constante (supone una estructura temporal plana)
5. El activo no paga dividendos
6. Las opciones son de tipo europeo (si fueran americanas se podría ejercer antes del vencimiento).

Las fórmulas de Black-Scholes para los precios de opciones europeas de compra que no distribuyen dividendos son:

$$p = Ee^{-rf.T} N8(-d_2) - SN(-d_1)$$

$$C = SN(d_1) - E_e^{-rf.T} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S / X) + rfT}{\alpha\sqrt{T}} + 0.5\sqrt{T}$$

$$d_2 = d_1 - \alpha\sqrt{T}$$

El modelo Black-Scholes se puede derivar directamente de forma análoga al modelo binomial construyendo una cartera de arbitraje y calculando en condiciones de equilibrio el valor de la CALL o de la PUT. La derivación directa del modelo exige utilizar el cálculo diferencial, lo cual complica bastante la comprensión de dicho modelo. Utilizaremos otro camino más fácil a partir del modelo binomial para n períodos. Según el modelo binomial después de n períodos la probabilidad de tener j evoluciones favorables (multiplicación por u) del precio del subyacente es igual a

$$\frac{n!}{j!(n-j)!} \cdot q^j \cdot (1-j)^{n-j} = 1$$

Donde j puede variar de 0 a n. La suma de estas probabilidades debe ser igual a 1, es decir,

$$\sum_{j=0}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) \cdot q^j \cdot (1-j)^{n-j} = 1$$

Por extensión, la probabilidad de tener, después de n períodos, un número mínimo de alzas del subyacente es igual a:

$$PROB\left[Pr\ eciosubyacente \geq d^{n-a} u^a S\right] = \sum_{j=0}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) \cdot q^j \cdot (1-j)^{n-j}$$

Recordando que si el inversor es neutro al riesgo,

$$q = p = \frac{\hat{r} - d}{u - d}$$

Denominaremos,

$$Z(a; n, p) = \sum_{j=a}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) q^j (1-q)^{n-j}$$

Siendo $Z(a; n, p)$ la función de distribución de la ley binomial complementaria. Esta función nos da la probabilidad acumulada de un número a de alzas en el precio del subyacente para n períodos cuando la probabilidad de un alza de un período a otro es p .

Para nuestro ejemplo práctico desarrollado a lo largo del capítulo, la probabilidad de tres alzas sería:

$$\begin{aligned} Z(3; 4, 0,55) &= \sum_{j=3}^4 \left(\frac{4!}{j!(4-j)!} \right) q^j (1-q)^{4-j} = \\ &= \frac{4!}{3!1!} \cdot 0,55^3 \cdot (1-0,55) + \frac{4!}{4!0!} \cdot 0,55^4 = 0,391 \end{aligned}$$

Es decir, la probabilidad de que el subyacente sea mayor o igual a 138,24 ($1,23 \times 0,8 \times 100$) es de un 39,1%. Esta ley se encuentra tabulada, por lo que con cualquier libro de tablas estadísticas se pueden realizar fácilmente los cálculos.

En una opción CALL, la condición necesaria para que la opción esté dentro de dinero es

$$u^a \cdot d^{n-a} \cdot S > E$$

Despejando a

$$a > \frac{\text{LN}(E / S \cdot d^n)}{\text{LN}(u / d)}$$

Siendo:

$\text{LN}(\cdot)$ = símbolo de logaritmo neperiano.

a = número entero mínimo de alzas para que la opción esté dentro de dinero.

Así:

Para $j < a$, $\text{MAX}[0, u^j \cdot d^{n-j} \cdot S - E] = 0$, la opción está fuera de dinero.

Para $j > a$, $\text{MAX}[0, u^j \cdot d^{n-j} \cdot S - E] > 0$, la opción está dentro de dinero.

Si $a > n$, la opción al vencimiento estará siempre fuera de dinero, por lo que $C = 0$.

Por lo tanto, a es un valor crítico para estimar el valor de una opción.

A base de estos razonamientos, la expresión general del modelo binomial se puede expresar del siguiente modo:

$$C = \frac{1}{r^n} \left[\sum_{j=0}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) p^j \cdot (1-p)^{n-j} \left[u^j \cdot d^{n-j} S - E \right] \right]$$

Desarrollando la expresión,

$$C = S \left\{ \sum_{j=a}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) p^j (1-p)^{n-j} \left(\frac{u^j \cdot d^{n-j}}{r^n} \right) \right\} - E \cdot \frac{1}{r^n} \left\{ \sum_{j=a}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) p^j (1-p)^{n-j} \right\}$$

En el segundo término de se reconoce fácilmente la función de distribución de la ley binomial complementaria. Si hacemos

$$p' = \frac{u}{\hat{r}} \cdot p$$

1 - p' se puede expresar como

$$1 - p' = \frac{d}{\hat{r}}(1 - p)$$

Sustituyendo p y (1 - p) por

$$p' \frac{\hat{r}}{u} \text{ y } (1 - p') \frac{\hat{r}}{d}$$

El primer término de se convierte en

$$s = \left\{ \sum_{d=a}^n \left(\frac{n!}{j!(n-j)!} \right) p^j (1-p)^{n-j} \right\} = S * Z[a; n, p']$$

y por lo tanto el valor de una opción de compra según la ley binomial complementaria se escribe

$$C = S \cdot Z[a; n, p'] - E \cdot \hat{r}^{-n} \cdot Z[a; n, p] \dots [11]$$

con

$$p = \frac{\hat{r} - d}{u - d} \quad \text{y} \quad p' = \frac{u}{\hat{r}} \cdot p$$

Por la paridad PUT-CALL

$$P = C - S + \frac{E}{\hat{r}^n}$$

Reemplazando C por su valor en ... [11]

$$P = E * \hat{r}^{-n} \{1 - Z[a; n; p]\} - S \{1 - Z[a; n; p]\}$$

Expresión del valor de una opción de venta según la ley binomial complementaria.

Lógicamente al estar la opción CALL dentro de dinero y la PUT, fuera de dinero, el valor de la CALL es muy superior al de la PUT. Reiteramos que los

valores de la función de distribución de la ley binomial complementaria se encuentran en varios libros de tablas estadísticas. Por otro lado, con una «hoja de cálculo» también es fácil obtener esta función. Por otra parte, Cox, Ros y Rubinstein (1979) demuestran que cuando $n \longrightarrow \infty$, $Z[a; n, p] \longrightarrow N(d_1)$ y $Z[a; n, p] \longrightarrow N(d_2)$.

Sustituyendo estos valores en [11], obtenemos la expresión del ya famoso modelo de Black-Scholes (1973)

$$C = S * N(d_1) - E * e^{-rt} * N(d_2) \quad \dots[13]$$

Dónde:

$$d_1 = \frac{LN\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r + \frac{1}{2} * \sigma^2\right) * t}{\sigma * \sqrt{t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

- S = precio del activo subyacente en el momento de la valoración.
- E = precio de ejercicio.
- r = tasa de interés en tiempo continuo: $r = LN(1 + i)$.
- t = plazo de ejercicio en años.
- σ = volatilidad del precio del subyacente, en términos anuales.
- e = base de logaritmos neperianos.
- $N(i)$ = valor de la función de distribución normal para i .

De forma análoga, obtendríamos a partir de [12] para las opciones de venta, el modelo de Black-Scholes que se expresa por

$$p = E * e^{-rt} * N(-d_2) - S - N(-d_1)$$

Significando todos los parámetros lo mismo que en [13].

La expresión [14], también se puede obtener de la expresión [13] por la paridad PUT-CALL. En un mercado en tiempo continuo, esta paridad la podemos expresar por

$$P = C - S + E \cdot e^{-rt} \dots [15]$$

Incluyendo en [15] el valor de la expresión [13]

$$\begin{aligned} P &= S \cdot N(d_1) - E \cdot e^{-rt} \cdot N(d_2) - S + E \cdot e^{-rt} = \\ &= S (N(d_1) - 1) - E(N(d_2) - 1)e^{-rt} = \\ &= E \cdot e^{-rt} \cdot (1 - N(d_2)) - S \cdot (1 - N(d_1)) = \\ &= E \cdot e^{-rt} \cdot N(-d_2) - S + N(-d_1) \end{aligned}$$

Como en el caso de la función de distribución de la ley binomial complementaria, los valores de la función de distribución normal están tabulados y se encuentran en cualquier libro de estadística. Además, cualquier hoja de cálculo como EXCEL la incluye en su catálogo de funciones. Antes de avanzar en la valoración, veamos los supuestos del modelo Black-Scholes.

El supuesto del modelo Black-Scholes

El modelo de Black-Scholes parte de hipótesis similares al modelo de Cox-Ross-Rubinstein (1979) sobre el funcionamiento del mercado y añade algunos supuestos particulares sobre la evolución del precio del subyacente. Fundamentalmente sus hipótesis de base son las siguientes:

- El mercado funciona sin fricciones: es decir, no existen costes de transacción, de información ni impuestos y los activos son perfectamente divisibles.
- Las transacciones tienen lugar de forma continua y existe plena capacidad para realizar compras y ventas en descubierto («a crédito») sin restricciones ni costes especiales.

- Los agentes pueden prestar y endeudarse a una misma tasa r , el tipo de interés a corto plazo expresado en forma de tasa instantánea y supuesto conocido y constante en el horizonte de valoración de las opciones.
- Las opciones son europeas y el subyacente (la acción para Black-Scholes) no paga dividendos en el horizonte de valoración.
- Por último, el precio del subyacente sigue un proceso continuo estocástico de Evolución de Gauss-Wiener definido por

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz$$

Representando dS la variación de S en el instante dt , μ la esperanza matemática del rendimiento instantáneo del subyacente, σ su desviación típica y dz un proceso estándar de Gauss-Wiener. Si designamos por S_t y S_{t+d} los valores del precio del subyacente en los instantes t y $t + d$, el rendimiento del subyacente viene dado por

$$\frac{dS}{S} = \frac{S_{t+d} - S_t}{S_t}$$

Este rendimiento instantáneo tiene dos componentes:

- μdt , de naturaleza constante.
- σdz , de naturaleza aleatoria. σ se supone constante, y tiene esperanza matemática nula y su varianza es igual $\sigma^2 dt$.

En otros términos, se supone que el rendimiento instantáneo del activo subyacente, o si se quiere, las variaciones relativas del precio del subyacente siguen una distribución normal con parámetros μdt (media) y $\sigma^2 dt$ (varianza).

Por lo tanto, una cuestión fundamental para poder aplicar el modelo Black-Scholes y algunas de sus extensiones es que el rendimiento instantáneo aproxime su distribución a una distribución normal.

Por otra parte, el funcionamiento del mercado en tiempo continuo está más próximo a la realidad actual de lo que parece. La globalización de los mercados a nivel mundial con la consiguiente cotización durante veinticuatro horas de muchos activos financieros nos acerca al «mundo» del modelo Black-Scholes. La creciente eficiencia de la negociación de los principales activos financieros también nos aproximan al mercado «sin fricciones» para muchos subyacentes. De hecho, tal como se plantea en Merton (1990), la teoría financiera debe replantearse en su mayor parte en términos de tiempo continuo.

Como muchos ya han dicho, el modelo de Black-Scholes y sus extensiones son algunos de los modelos más complicados propuestos en la literatura económica y financiera, pero además son los modelos quizás, de mayor utilización efectiva en el mundo financiero real.

Modelos Comparativos en la Práctica de Mercado

Revisando el modelo binomial y el modelo Black-Scholes, coincidiremos en que existe un conjunto de parámetros de fácil obtención (S , E , t , etc.), pero otros parámetros no son directamente observables de la información disponible sobre los mercados financieros.

En concreto u y d para el modelo binomial y σ para el modelo Black-Scholes.

En el caso del modelo binomial, una buena aproximación de los parámetros u y d se obtiene por las expresiones

$$u = e^{\sigma \cdot (tin)^{1/2}}$$

donde:

t = plazo en años de la opción.

n = número de períodos del modelo binomial.

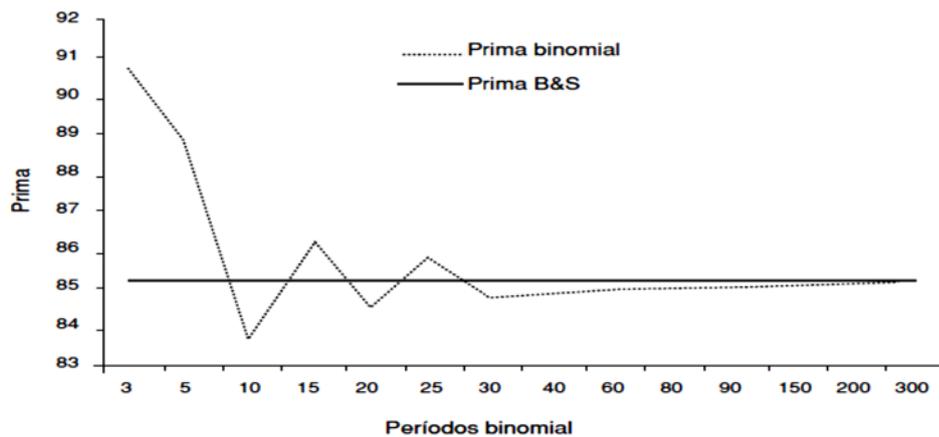
σ = volatilidad en términos anuales prevista para el activo subyacente.

Por otra parte, \hat{r} se puede estimar por la expresión:

$$\hat{r} = e^{\frac{rt}{e^n}}$$

Siendo el tipo de interés instantáneo, es decir, $r = LN(1 + i)$.

Aproximación del modelo binomial al B&S

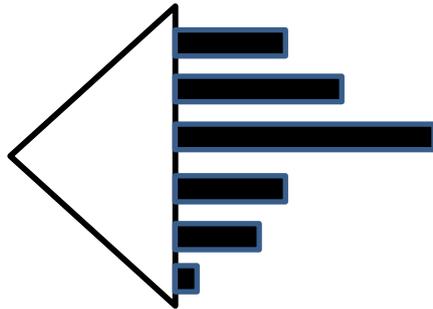


Dada la mayor flexibilidad del modelo binomial, nuestro consejo al lector es que se acostumbre a utilizar fundamentalmente este modelo, con un número de períodos próximo a cincuenta. De hecho, este es el número de períodos que utilizan muchos programas informáticos de valoración de opciones que se comercializan en el mercado, ya que la insignificante ganancia de exactitud que supone utilizar un número mayor de períodos no se compensa con la mayor complejidad (y costos del cálculo).

Convergencia entre el modelo binomial y el Black & Scholes

A) Número reducido de períodos

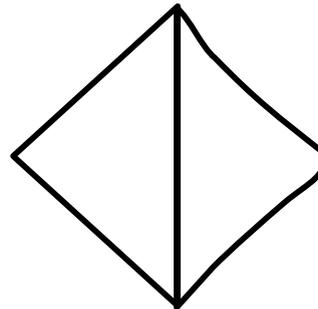
Distribución de probabilidades del precio del subyacente al vencimiento de la opción



B) $N \rightarrow$

∞

Diagrama de evolución del precio del subyacente



SIMULACIÓN DE MONTECARLO

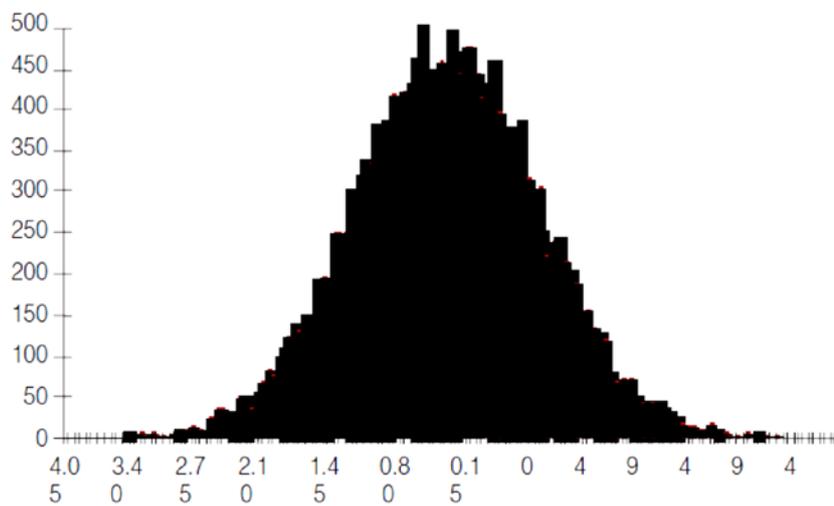
El método de simulación de Montecarlo es un método de simulación numérica que se suele utilizar cuando, para la valoración de opciones, no existen fórmulas cerradas como por ejemplo las fórmulas de Black-Scholes. Esta metodología fue introducida, como ya vimos, por Boyle en 1977. Se puede utilizar para la valoración de la gran mayoría de las opciones de tipo europeo y para múltiples modalidades de «exóticas».

El método de Montecarlo se utiliza para simular un rango muy grande de procesos estocásticos. La valoración de las opciones se realiza en un mundo de riesgo neutral, esto es, descontamos el valor de la opción a la tasa libre de riesgo. La hipótesis de partida del modelo es que el logaritmo natural del activo subyacente sigue un proceso geométrico browniano, de forma que tendríamos:

$$S + sS = S \cdot \exp \left[\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dz \right] \quad \dots[1]$$

donde S es el nivel del activo subyacente, μ es la tasa de retorno esperada del activo subyacente, σ es la volatilidad del activo subyacente y dz es un proceso de Wiener con desviación típica 1 y media 0.

Método de Box-Muller. Aproximación a una distribución normal estándar con 20.000 números distribuidos uniforme (0,1)



Para simular el proceso, debemos transformar la ecuación [1] en tiempo discreto, es decir, dividimos el tiempo en intervalos Δt , de forma que obtendríamos la siguiente ecuación:

$$S + \Delta S = S \cdot \exp \left[\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \varepsilon_t \sqrt{\Delta t} \right] \quad [2]$$

donde ΔS es la variación en tiempo discreto para S en el intervalo de tiempo elegido Δt , μ es la tasa de retorno esperada del activo en un mundo libre de

riesgo, σ es la volatilidad del activo subyacente y ϵ_t es un número aleatorio que se distribuye de forma normal estándar $N(0,1)$. Realizando miles de simulaciones obtendríamos conjunto e valores para S_t , distribuidas como aparece en el gráfico anterior.

La ecuación [2] para un salto temporal Δt y para un activo que no pague dividendos tiene la siguiente forma:

$$S_{t+\Delta t} = S_t \exp \left[\left(r - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t} \epsilon_t \right]$$

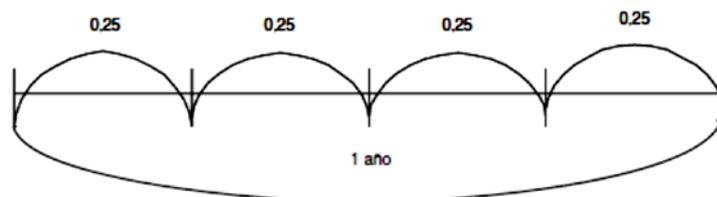
Donde S_t es el precio del activo subyacente, r es el tipo de interés libre de riesgo, σ es la volatilidad del activo subyacente, ϵ es un número procedente de una distribución $N(0,1)$ y Δt es el vencimiento de la opción en años partido del número de períodos.

$$S_{t+\Delta t} = S_t \exp \left[\left(r - q - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t} \epsilon_t \right]$$

Donde q son los dividendos del activo subyacente.

Por ejemplo, si la opción tiene un vencimiento de un año y el número de períodos elegido es de 4, será igual a:

$$\Delta t = \frac{\text{Vencimiento en}}{\text{Número de}} = \frac{1}{4} = 0,25$$



En este caso cada Δt correspondería a un trimestre. A medida que el Δt es más pequeño (menor salto temporal entre un momento y otro), más precisa es la

simulación. El número de simulaciones dependerá del nivel de exactitud que queramos obtener con el modelo. Normalmente a partir de 10.000 simulaciones los resultados obtenidos son fiables. El principal inconveniente de la simulación es el elevado coste computacional, es decir, el tiempo en el que el ordenador ejecuta la simulación.

A veces nos encontramos con situaciones en las que debemos generar sendas correlacionadas, como por ejemplo cuando nos enfrentamos a la valoración de opciones sobre una cesta de activos o frente a opciones sobre el mejor (o el peor) de dos activos. En este caso, los números aleatorios generados deben estar correlacionados según el coeficiente de correlación ρ que existe entre los activos subyacentes. La forma de generar dos sendas de números aleatorios correlacionados es la siguiente:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= x_1 \\ \varepsilon_2 &= \rho x_1 + x_2 \sqrt{1 - \rho^2}\end{aligned}$$

Donde x_1 y x_2 son vectores de números aleatorios que se distribuyen de forma normal estándar, y ρ es el coeficiente de correlación entre los activos subyacentes. De forma que ε_2 es un vector de números aleatorios que se distribuyen de forma normal estándar correlacionados con un nivel ρ con ε_1 .

2.4 Hipótesis,

HIPÓTESIS GENERAL (HG)

“La metodología de Opciones Reales es una herramienta idónea para valorizar Proyectos de Inversión privada con flexibilidad operativa”

Hipótesis específica N° 1:

“La incorporación de tasas de descuento múltiple mejora al valorización de los proyectos de inversión con flexibilidad operativa utilizando el Método Binomial”

Hipótesis específica N° 2:

“La incorporación de opciones de venta y abandono en la valoración de proyectos de inversión con flexibilidad operativa mediante árboles de decisión le da mayor certeza a la valoración del proyecto”

Hipótesis específica N° 3:

"La utilización de simulaciones aleatorias (iteraciones) determinan con mayor certeza el valor de proyectos con flexibilidad operativa aplicando la Simulación de Montecarlo"

2.5 Variables y operacionalización

Variables Independientes:

- Opciones Reales
- Tasa de descuento múltiple
- Opciones de venta
- Opciones de abandono
- Iteraciones

Variables dependientes:

- El valor de los proyectos de inversión privada con flexibilidad operativa

Indicadores

- Van ampliado
- Flexibilidad Operativa
- Tasa de descuento
- Valor de las acciones

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	TIPO VARIABLE	INDICADOR	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
El valor de los proyectos de inversión privada con flexibilidad operativa	Dependiente	Van Ampliado	Método Binomial Método Árboles de decisión Método de Montecarlo
Opciones Reales	Independiente	Flexibilidad operativa	Decisiones de inversión
Tasa de descuento múltiple	Independiente	Tasa de descuento	Black-Scholes
Opciones de venta	Independiente	Valor de las acciones	Árbol de decisiones
Opciones de abandono	Independiente	Valor de las acciones	Árbol de decisiones
Iteraciones	Independiente	Tasa de descuento	Simulación de Montecarlo

2.6 Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL:</p> <p>¿La metodología de evaluación tradicional permite valorizar correctamente proyectos de inversión con flexibilidad operativa?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</p> <p>1. ¿La tasa de descuento ponderada. única, conocida, constante, única e invariable en el tiempo, es una tasa cierta y útil para la valorización de proyectos con flexibilidad operativa?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Demostrar que la metodología de las Opciones Reales es una herramienta idónea para valorizar correctamente los proyectos de inversión privada con flexibilidad operativa</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p> <p>1. Demostrar que la tasa de descuento múltiple, variable en el tiempo, es una tasa cierta y útil para la valorización de proyectos con flexibilidad operativa</p>	<p>GENERAL:</p> <p>“La metodología de Opciones Reales es una herramienta idónea para valorizar Proyectos de Inversión privada con flexibilidad operativa”</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICAS:</p> <p>1. “La incorporación de tasas de descuento múltiple mejora la valorización de los proyectos de inversión con flexibilidad operativa utilizando el Método Binomial”</p>	<p>VARIABLE</p> <p>DEPENDIENTE:</p> <p>- El valor de los proyectos de inversión privada con flexibilidad operativa (Van ampliado)</p> <p>VARIABLES INDEPENDIENTES:</p> <p>- Opciones Reales</p> <p>- Tasa de descuento múltiple</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descriptivo - Explicativo - Aplicativo <p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inductivo - No experimental <p>Recolección de información:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Población.- única - Muestreo.- no probabilístico <p>Fuente de datos:</p> <p>Primaria</p> <p>Secundaria</p>

<p>2. ¿El VAN tradicional incorpora las opciones de los inversionistas cómo vender u abandonar el proyecto?</p> <p>3. ¿El cálculo del VAN sin la incorporación de aleatoriedad valora con certeza proyectos con flexibilidad operativa?</p>	<p>2. Demostrar que el VAN ampliado puede incorporar la valorización de opciones de venta u abandono de los inversionistas</p> <p>3. Demostrar que la incorporación de la aleatoriedad en la valoración de proyectos de inversión con flexibilidad operativa conduce a un valor de mayor certeza</p>	<p>2. "La incorporación de opciones de venta y abandono en la valoración de proyectos de inversión con flexibilidad operativa mediante árboles de decisión da mayor certeza a la valoración del proyecto"</p> <p>3. "La utilización de simulaciones aleatorias (iteraciones) determinan con mayor certeza el valor de proyectos con flexibilidad operativa aplicando la Simulación de Montecarlo"</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Opciones de venta - Opciones de abandono - Iteraciones 	<p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descuento de Flujos de Caja (aplicación del VAN). - Árboles de decisión, - Método Binomial - Simulación de Montecarlo - Black y Scholes
---	--	---	--	---

CAPITULO III: Metodología:

3.1 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación empleada es analítica, y aplicativa
Analítica por cuanto la demostración se basa en la interpretación de sus resultados
Aplicativa debido a que las metodologías de evaluación de proyectos de inversión como árboles de decisión, método binomial y Montecarlo se utilizan sobre los estados financieros y la información de las distintas opciones que de la empresa Zeltia para demostrar la idoneidad de las opciones reales como instrumento de evaluación sobre el método tradicional.

3.2 Tipo y diseño de la investigación,

El tipo de investigación es explicativa por cuanto el propósito es demostrar la razón por la que la metodología tradicional de evaluación de proyectos de inversión infravalora el valor del proyecto cuando este afronta opciones de inversión derivadas de la flexibilidad operativa, y para ello no es posible realizar experimentaciones, solo requiere aplicar metodologías, es decir procedimientos que consideren las múltiples opciones que afrontan las inversiones.

Se trata de una Investigación no experimental por cuanto trataremos de demostrar la mayor certeza de la valoración de proyectos cuando estos están asociados a una gran volatilidad mediante metodologías de valoración por opciones reales con la aplicación de métodos como el análisis binomial, los árboles de decisión, y la Simulación de Montecarlo

Esta investigación es no experimental caracterizada por la imposibilidad de manipulación de las variables independientes puesto que “estas ocurrieron” en la realidad sin la intervención directa de quienes las operamos , es decir esta investigación obedece a un enfoque retrospectivo

Este tipo de investigación no experimental se puede definir como una investigación ex post facto por cuanto la evaluación del proyecto es ex - post es decir “los hechos y las variables ya ocurrieron”, ya ocurrió la valoración de Zeltia, ya ocurrieron las distintas opciones de compra, de venta, de abandono; y las tasas de descuento que basadas en el costo de oportunidad, el flujo de caja.

De otro lado esta investigación es no experimental de diseño transeccional por cuanto las observaciones se realizaron en momento único, es decir los escenarios de las distintas opciones de han figurado en un solo momento, aun cuando la experiencia del inversionista en el tiempo es lo que le permite un aprendizaje mayor; pero este aprendizaje acumulado permite la valorización del proyecto en un momento en el que se configuran los escenarios en base a esa experiencia, sino no fuera posible aplicar las distintas opciones de inversión.

El problema general referido a los factores en el modelo de evaluación tradicional que afectan negativamente la evaluación de proyectos de inversión con flexibilidad operativa condiciona por su naturaleza una investigación no experimental.

DISEÑO DE OBJETIVOS

OG	OG	➡	HG	➡	CP	➡	CF
	OE1	➡	HE1	➡	CP1	➡	
	OE2	➡	HE2	➡	VP2	➡	
	OE3	➡	HE3	➡	VP3	➡	

OG = OBJETIVO GENERAL

OE = OBJETIVO ESPECIFICO

HG = HIPOTESIS GENERAL

HE= HIPOTESIS ESPECÍFICA

CP = CONCLUSION PARCIAL

CF = CONCLUSION FINAL

El aporte de la investigación consiste en la aplicación de prácticas de evaluación Europea a proyectos del país, en tanto que los inversionistas privados tienen la misma lógica de ganancias, solo cambia el medio y aunque las condiciones son distintas en términos geográficos, políticos, y sociales, pero no dejan de caracterizarse por la “incertidumbre” que genera el entorno a las inversiones en nuestro medio como en otras latitudes, emularemos un caso aplicativo para demostrar metodológicamente su viabilidad en nuestro medio.

3.3 Población y Muestra,

Población:

La población es el Holding Zeltia que es un grupo de empresas químico-farmacéuticas y de biotecnología de origen español compuesto por las empresas biofarmacéuticas:

- PharmaMar (antitumorales de origen marino),
- Noscira (fármacos para enfermedades neurodegenerativas),
- Sylentis (fármacos basados en silenciamiento genérico - RNAi),
- Zelnova (insecticidas, ambientadores),
- Xylazel (productos de protección de la madera) y
- Genómica (análisis molecular).

A efectos de la investigación no experimental basada en demostrar la idoneidad de la aplicación de metodologías de valorización para proyectos de inversión con alta volatilidad como una alternativa a la evaluación tradicional cuya valorización se concibe considerando un solo flujo y una sola tasa; a cambio esta propuesta de valorización considerará cuatro etapas de valoración.

Muestra :

De todo el Holding de Zelta se está tomando como muestra a **PharmaMar** debido a que la valoración de mercado (Bolsa de valores) de Zeltia esta explicado casi en su totalidad por PharmaMar

3.4 Técnicas de recolección de los datos,

El procedimiento empleado para la recopilación de datos consistió en utilizar Fuente de Información primaria, los datos utilizados fueron los Estados Financieros de la Empresa Zeltia, obtenidos directamente

Recopilación transversal.- en razón de que los datos se recopilan en “un solo momento” para a partir de allí escenificarlos en el futuro a efectos de aplicar la comprobación no experimental.

La recopilación de datos no solo han sido financieros, sino información de carácter decisorio a nivel de alta gerencia, por el cual se ha construido las opciones reales de “venta” de “compra”, de “abandono”.

Los costos de oportunidad respectivos para las distintas opciones se basaron en fuentes primarias, recurriendo directamente indagaciones con los directivos.

Las probabilidades asumidas en el análisis binomial se basaron igualmente en conversaciones no formales con los directivos.

La información relativa al tipo de cambio se obtuvo mediante fuentes secundarias

3.5 Validación y confiabilidad,

Los datos procesados en la presente investigación son informaciones reportados de la realidad actual en toda la población por lo que los requisitos de validación y confiabilidad no son aplicables en este caso

3.6 Técnicas de análisis e interpretación de los datos.

Una vez recabada la información requerida, se efectuó su tratamiento y procesamiento. Esta información se describió, se clasificó, se registró, se tabuló, y codificó.

En lo referente al análisis, se realizó con las técnicas inductivas, procediendo a interpretaciones, y comparaciones estadísticas explicando, describiendo e inferenciando a partir de la muestra única empleada, a partir de ello se ha descifrado los resultados de la metodología empleada.

A partir de la información proporcionada se han resumido los hechos que han proporcionado la información y que por lo general están tomando en la presente tesis la forma de tabla, gráficos, entre otros. Mediante el uso de la Estadística descriptiva se ha trabajado tabulaciones en las cuales se presenta la información por medio de porcentajes de manera que sea más fácil de ser percibida. Así de esta manera, se confrontan estos resultados con los planteamientos expuestos en el marco teórico, a fin de determinar su veracidad. Ello reafirmará la interpretación de la información obtenida en la realidad objeto de estudio de la Empresa Zeltia

CAPITULO IV: Análisis y Resultados de la investigación

4.1 Resultados de las variables:

Los resultados se han obtenido a través de las metodologías de valorización del proyecto que a continuación se presentan:

4.1.1 Valoración del Proyecto por el Descuento de Flujos de Caja a Través del Valor Actual Neto (Van)

Precedentes de la valoración:

La valoración se realiza sobre la empresa Zeltia cotizada en el mercado europeo y sobre la base de información financiera histórica (1999-2004), la razón que subyace esta decisión se debe a las siguientes razones:

Evitar hoy una posible interpretación de precio objetivo recomendado por el presente trabajo para dicha compañía.

Los estados financieros de Zeltia de los últimos años (2008-2011) han arrojado pérdidas recurrentes, situación que ha llevado a los accionistas a inyectar capital para continuar sus operaciones, esto explicado por la recesión mundial y por la crisis económica en España, país donde se encuentra su matriz.

La necesidad de hacer proyecciones sobre la base de un histórico con Flujos de Caja positivos de manera que las proyecciones mantengan dicha consistencia en un escenario normal (no de recesión ni crisis económica profunda y de largo plazo).

Por lo tanto, el objetivo académico es mostrar las bondades del modelo de opciones reales versus el típico descuento de flujos de caja libre. La empresa seleccionada es ZELTIA, la moneda usada será el Euro, su periodo de análisis histórico será 1999 al 2004, y sus respectivas proyecciones permiten perfectamente analizar la compañía y comparar las metodologías.

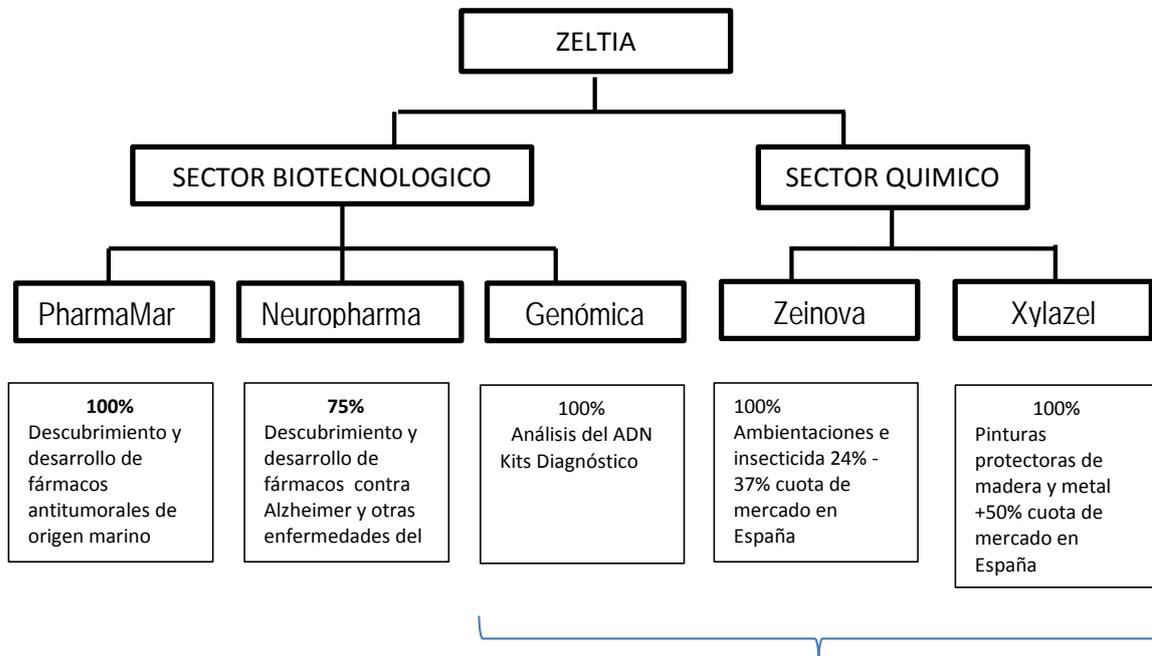
Breve reseña de la compañía

Zeltia es un holding que desarrolla su actividad en el sector químico-farmacéutico desde su fundación en Vigo en 1939. A lo largo de esas seis décadas formó, bien sola o bien en asociación con otras compañías nacionales e internacionales, un grupo de empresas compuesto por Xylazel, Zelnova, Genómica, Neuropharma y Pharma Mar. Su actividad está basada en la biotecnología, a saber, descubrimiento de medicamentos de origen marino para el tratamiento del cáncer (PharmaMar), fabricación y comercialización de productos insecticidas y ambientadores de uso doméstico (Zelnova), fabricación y venta de productos para el tratamiento y

decoración de la madera. Decoración profesional (Xylazel), identificación genética mediante la utilización de técnicas de análisis de DNA (Genómica). Pese a su larga historia, Zeltia salta a la fama en 1999 por su filial PharmaMar, el detonante de la explosión de Zeltia en bolsa fue el anuncio de que su compuesto ET-743 había mostrado respuesta en la fase I de los ensayos clínicos contra el cáncer.

El Grupo Zeltia está presente los sectores Biotecnológico y Sector Químico. PharmaMar es la clave de las expectativas de la empresa, y explica prácticamente la totalidad de la valoración bursátil de Zeltia. Es importante destacar el gasto que realiza el Grupo en I+D, en el año 2004 redujo este rubro en 28%. Centramos nuestro análisis por tanto en la actividad de biotecnología. PharmaMar se dedica a investigar compuestos de origen marino para su aplicación en medicamentos oncológicos, y particularmente en tumores.

GRUPO ZELTIA HOY



Venta netas 2004 de 72 millones euros sobre

79 millones de euros totales del grupo

1. PharmaMar

PharmaMar es líder mundial en investigación de medicamentos oncológicos a partir de organismos marítimos. Las perspectivas para el mercado mundial de tratamiento contra el cáncer son, según la compañía, muy buenas: el mercado ha evolucionado desde \$17.400mn en 1999 hasta \$23.300mn en el 2004. Dentro del mercado de cáncer, el mercado de quimioterapia es el que experimenta mayor crecimiento, y aquí los fármacos más novedosos son precisamente los que tienen un origen natural.

Zeltia se ha centrado en el desarrollo clínico para los principales tipos de tumores, que no tienen aún un tratamiento médico satisfactorio. Con ello, las fases de investigación se aceleran al máximo posible.

PharmaMar se beneficia de un acuerdo con Pescanova, una de las mayores flotas pesqueras del mundo, propiedad de la familia accionista. Esta relación ha permitido a PharmaMar aprovechar sus barcos para participar en expediciones por todo el mundo, acumulando un catálogo de más de 22.000 organismos marítimos. Mientras tanto, las grandes multinacionales habían ignorado la investigación de partículas marinas al resultarles una actividad poco rentable.

Dado que PharmaMar es una filial de Zeltia, ha sido determinante para poder afrontar el elevado coste de investigación y desarrollo, ya que de otro modo hubiese sido muy difícil captar los fondos necesarios para desarrollar el proyecto, no sólo por el riesgo inherente a una empresa biotecnológica, sino también por el tiempo que transcurre hasta que una inversión rinde beneficios.

Puede caracterizarse el sector en el que opera PharmaMar a partir de las características que se señalan a continuación:

La fracción de compuestos descubiertos o sintetizados que se comercializa es mínima, de cada 5.000-10.000 moléculas evaluadas 1 llegará al mercado.²²

El proceso de desarrollo de un compuesto puede durar 10-15 años y superar los 400 millones de euros²³, involucrando una serie de etapas que pueden solaparse en el tiempo:

²² Kelly (2003); Tang (2002)

²³ DiMasi, Hansen y Grabowski (2003); Kelly (2003); Grabowski (2002a).

Descubrimiento: Se identifican nuevas moléculas que potencialmente producen el cambio deseado en el sistema biológico, en muchos casos por accidente o suerte.

Investigación básica / Fase preclínica: A partir de estudios en laboratorio y sobre animales se explora la actividad farmacológica y el posible uso terapéutico. También se busca determinar la toxicidad, la dosis adecuada y la estabilidad. Cuando se completa esta fase se solicita la autorización para las pruebas en seres humanos.

Clínica: Se realizan estudios sobre personas sanas y pacientes voluntarios, aunque cuando la patología es el cáncer es frecuente que únicamente se traten enfermos. La secuencia es la que sigue: se determina la tolerancia, los efectos farmacológicos y los patrones de absorción, distribución y eliminación (fase I); se evalúa el efecto terapéutico del fármaco objeto de estudio observándose el porcentaje de pacientes tratados que alcanza un cierto nivel de respuesta (fase II); se confirma dicha efectividad, se analizan posibles reacciones adversas y se compara la eficacia y seguridad del medicamento con las del tratamiento estándar (fase III).

Aprobación en su caso por parte de la autoridad competente. Actualmente el entorno regulatorio aprueba para su comercialización únicamente aquellos fármacos realmente novedosos, para los que se pretende reducir el tiempo de llegada al mercado.

Una vez aprobado el producto para su comercialización continúa la investigación para identificar, en su caso, nuevos efectos según diarios derivados del uso a largo plazo (fase IV).

Cabe considerar aspectos éticos, científicos, comerciales y regulatorios.

PharmaMar realiza estudios clínicos sobre 5 compuestos que representan la mayor parte del valor de la compañía, dada la escasa probabilidad de que una molécula en fase preclínica sea aprobada para su comercialización:

Yondelis (ET-743). Proviene del tunicado *Ecteinascidiaturbinata* que habita en los mares Caribe y Mediterráneo. Ha sido designado por la *European Medical Evaluation Agency (EMA)* medicamento huérfano²⁴ para el tratamiento de sarcoma de tejidos blandos (STS). En

²⁴Se concede esta denominación a aquellos fármacos activos contra una patología que afecta a un porcentaje mínimo de la población y no existe hasta el momento un tratamiento eficaz para la misma. Permite conseguir deducciones impositivas, ayudas a la investigación, revisiones más ágiles por parte de

cualquier caso se espera que la *U.S. Food and Drug Administration (FDA)* obligue a realizar estudios de fase III ya que en Estados Unidos existe un fármaco contra esa patología. La contribución de Yondelis para STS a la valoración total es escasa, pero supondrá, en su caso, que PharmaMartiene la capacidad de poner un producto en el mercado lo que reforzará la imagen de la Compañía. Además la cotización de Zeltia se ha mostrado muy sensible al flujo de noticias y por ello la aprobación definitiva de Yondelis para STS movería notablemente el precio de la acción. Yondelis también es activo contra otras patologías como pueden ser el cáncer de mama, ovario o pulmón no microcítico con una incidencia en la población de importancia, sin olvidar los estudios de combinación. Destaca su baja toxicidad y al hecho de que no se presenten síntomas derivados de la aplicación de la quimioterapia convencional como alopecia o mucositis. En concreto se encuentra en Fase III cáncer de ovario, Fase II pivotal randomizada en STB, Fase II en varios tumores sólidos, desarrollo clínico como agente único y terapia combinada y más de 2.800 pacientes tratados.

Aplidina. Derivado del tunicado *Aplidium albicans* que habita en el mar Mediterráneo. De amplio espectro antitumoral, podría obtener la condición de medicamento huérfano para cáncer medular de tiroides. Para muchos analistas es el principal compuesto en fase clínica de PharmaMar y es activo, entre otros, contra el cáncer colorectal o linfoma no Hodgkin. En resumen se encuentra en la Fase II en tumores sólidos y hematológicos, Actualmente en desarrollo como agente único, Terapia combinada planeada y más de 428 pacientes tratados.

Kahalalido - F. Extraído originariamente del molusco *Elysia rufescens* encontrado en Hawaii, ha mostrado niveles de actividad relevantes en tumores sólidos y prostáticos, siendo el cáncer de próstata el de mayor incidencia en la población masculina y uno de los de mayor crecimiento. En resumen se encuentra en Fase II en tumores sólidos, Fase II en psoriasis severa y más de 197 pacientes tratados.

ES-285 (Spisulosina). Obtenido a partir del molusco *Mactromeris polynyma* que habita en el Atlántico Norte. Recientemente ha abandonado la fase preclínica y está en fase I para tumores sólidos. En resumen se

encuentra en Fase I en tumores sólidos y tiene más de 87 pacientes tratados.

Zalypsis .Es el quinto nuevo compuesto de origen marino de PharmaMar en comenzar los ensayos clínicos de fase I para el tratamiento de tumores sólidos. Zalypsis es una entidad química novedosa que está relacionada con el compuesto natural marino Jorumycina y con la familia de las Renieramycinas que se derivan de moluscos y esponjas, respectivamente. Zalypsis produce efectos citotóxicos que dependen de su unión al DNA pero no están asociados con daños genéticos del mismo. En resumen se encuentra en Fase I en tumores Sólidos y cuenta sólo 4 pacientes tratados.

2. NeuroPharma

NEUROPHARMA, es una compañía bio-farmacéutica participada por el grupo Zeltia, centrada en la investigación y desarrollo de fármacos novedosos para el tratamiento y prevención de enfermedades del Sistema Nervioso.

Neuropharma, desea posicionarse como empresa de referencia dentro del sector de las enfermedades del Sistema Nervioso y en especial dentro de las enfermedades neurodegenerativas. El objetivo a corto plazo son las enfermedades neurodegenerativas y, dentro del ellas, específicamente la enfermedad de Alzheimer, a medio y largo plazo desean ampliar el área de desarrollo a enfermedades relacionadas con el sistema nervioso considerado en su amplio espectro. Para ello, junto con los proyectos internos de la compañía, desde su fundación mantienen contratos externos de investigación en áreas diferentes y complementarias a las propias, que permitan estar al día de los avances más importantes que se realicen en el mundo de la “regeneración” del sistema nervioso al igual que en el conocimiento de las bases moleculares de los descubrimientos que se vayan realizando en la evolución y desarrollo de este tipo de patologías.

La búsqueda de nuevas dianas farmacológicas es uno de los principales objetivos con la idea fundamental de conseguir, no sólo mejoras transitorias en la forma de vida de los enfermos, sino cambios importantes en la evolución de las enfermedades que permita que los pacientes conserven su calidad de vida de forma permanente.

En el año 2003 aisló los primeros compuestos de origen marino y en año 2004 se inicia la preclínica regulatoria del NP3112 inhibidor de GSK-3.

2. Genómica

Es una compañía puntera en el diagnóstico molecular, fue fundada en 1990 como **PHARMAGEN**, sus instalaciones tecnológicas se encuentran ubicadas en Madrid y está participada en un 100% por Zeltia.

Genómica opera dentro del campo del análisis de ADN a través de múltiples áreas de negocio. Entre ellas destaca el desarrollo, producción y comercialización de kits de Diagnóstico Molecular, Servicios de Análisis de ADN aplicados a la Medicina Legal y Forense y al área Veterinaria. A su vez Genómica colabora activamente con organizaciones en múltiples países en el diseño, implementación y operatividad de Laboratorios de Huella Genética y Genética Forense.

En la actualidad la compañía realiza un esfuerzo inversor para fortalecer sus departamentos de I+D en el área oncológica. Trabaja en el desarrollo de una plataforma tecnológica que permita la detección múltiple de genes.

Gastos en I + D

En miles de Euros

	2004	2003	Var %
PharmaMar	31.225	47.254	-34
NeuroPharma	4.694	3.224	46
Genómica	787	739	6
TOTAL	36.706	51.217	-28
Fuente : Zeltia			

Estadísticas para la valoración

Zeltia cotiza en Bolsa desde 1963 y en el mercado continuo desde 1998. Realizando un corte a la serie desde 1997 hasta el 2005, se aprecia que la cotización tuvo un rally alcista en el año 2000 desde 3,7 euros por acción hasta 25,5 euros por acción, significando un considerable aumento de 690%, esto es explicado por el producto estrella **Yondelis (ET-743)** que salió al mercado en 1999 con resultados positivos. Sin embargo, luego de algunos problemas con la compañía y un ajuste del precio por expectativas, el precio se desinfló hasta llegar a cotizaciones de 5,10 euros por acción en el año 2001. A partir de entonces se aprecia un fuerte soporte ubicado esos

niveles, en efecto, si observamos la serie desde mediados de 2003 en adelante, está oscilando entre 7,8 euros por acción y 5,10 euros por acción.

EVOLUCIÓN DE LA COTIZACIÓN DE ZELTIA



Acotando la serie a un año desde la última cotización en Junio 2005, se puede apreciar a través de los indicadores de análisis técnico lo siguiente:

Primero, utilizando el Indicador de Fuerza Relativa (RSI - RelativeStrengthIndex)²⁵ se aprecia que está en el límite inferior de la banda relativa (20), de llegar a tocarla y confirmarla por dos sesiones adicionales estaría en la zona sobrevendida y se daría un revés en el valor de la acción, es decir, se esperaría que la cotización suba en las siguientes jornadas, de otro lado, el volumen asociado a estos niveles de “alerta” han subido también (ver esos niveles también en el caso de los picos hacia arriba y hacia abajo - consecutivos- en el histórico del gráfico que confirman cambios relativamente bruscos).

Por medio del indicador MACD (MovingAverageConvergenceDivergence)²⁶ observamos que la señal (línea roja) se encuentra por debajo de cero, esto nos

²⁵ El RSI sigue la tendencia de los precios y se mueve del 0 al 100. Una manera común de analizar el RSI es buscar una divergencia en la que el valor de la cotización está alcanzando un nuevo máximo aunque el RSI no pueda superar su máximo anterior. Esta divergencia es indicio de un revés inminente. Cuando el RSI empieza a bajar y, después, se coloca por debajo de su caída más reciente, se dice que ha habido un "error (o fallo) de continuidad". Un giro de estas características se considera una confirmación de un revés inminente en el valor de la acción.

²⁶ MACD - (Convergencia-divergencia de la media móvil) - Consiste en dos medias móviles exponenciales que oscilan alrededor de la línea cero. La línea cero representa las veces que las dos medias móviles son idénticas. El MACD se calcula restando una media

indica que la media móvil de 26 días es mayor a la media móvil de 12 días, por lo que se encuentra BAJISTA, lo más probable es que el precio del valor se esté extendiendo y que pronto volverá a niveles más realistas.

Comprobamos lo dicho anteriormente, al analizar las bandas de Bollinger²⁷, se aprecia que las bandas se han ensanchado notablemente lo que indica que la volatilidad del precio del activo ha aumentado, es decir, se encuentra muy volátil desde mediados de mayo. Adicionalmente, dado que el precio del subyacente se encuentra por debajo de la media (línea amarilla) y cercanos a la banda inferior están relativamente bajos, puede haber sobreventa, lo que indicaría tomar una acción de compra aprovechando que el precio está en esos niveles

Cotización de Zeltia, Media Móvil 20 días, Volumen, RSI y MACD



Fuente: YahooFinance (aplicación de herramienta de Análisis Técnico)
Elaboración: Propia

Estados Financieros y Ratios de la Compañía

móvil de 12 días de su media móvil de 26 días. El resultado es un indicador que oscila por encima y por debajo de cero. Cuando el MACD está por encima de la línea cero significa que la media móvil de 12 días es superior a la media móvil de 26 días.

²⁷ Bandas de Bollinger. Indicador que define límites superior e inferior respecto al promedio móvil simple de los precios de una acción, correspondiente a dos desviaciones Standard sobre y bajo dicho promedio, respectivamente.

A continuación se presentan los Estados Financieros de la compañía transformados del formato español al que se presentan usualmente en la Normas Internacionales de Contabilidad, esto simplemente se ha realizado con la intención de facilitar la lectura de las cuentas y realizar las proyecciones, así como la obtención de los Flujos de Caja de la Compañía.

ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS ZELTIA
1999-2004

(Miles de Euros)

AÑOS	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ventas Netas	47.927	55.713	93.745	107.595	73.881	78.894
Coste de Ventas	-26.061	-26.095	-32.289	-33.002	-41.005	-33.954
Beneficio Bruto	21.866	29.618	61.456	74.593	32.876	44.940
Otros Ingresos	13.990	21.844	23.286	6.561	56.594	40.401
Gastos de personal	-11.913	-14.331	-19.414	-25.694	-31.443	-28.615
Otros Gastos de Explotación	-15.122	-28.174	-36.749	-50.801	-62.393	-48.490
Resultado Operativo Bruto (EBITDA)	8.821	8.957	28.578	4.659	-4.366	8.236
Amortización	-2.017	-3.489	-14.840	-7.694	-18.698	-12.069
Resultado de Explotación	6.805	5.468	13.739	-3.036	-23.064	-3.833
Amortización Fondo Comercio Cons.	-1.276	-1.403	-1.544	-1.554	-1.554	-1.042
Gastos Financieros	-2.458	-889	-2.093	-3.377	-5.136	-3.838
Ingresos Financieros	546	3.922	8.532	4.077	3.849	2.954
(Pérdidas) Beneficios Venta Inmovilizado inmaterial, material y cartera de control	53	515	13	2.814	29.123	4.596
Gastos Extraordinarios	-636	-4.572	-17.570	3.812	-94	-3.173
Ingresos Extraordinarios	6.774	13.445	12.051	2.393	1.109	1.612
Participaciones en beneficios sociedades puestas en equivalencia	725	845				1.362
Resultado Antes de Impuestos	10.532	17.330	13.127	5.129	4.233	-1.362
Impuesto Sobre Sociedades	-858	-4.619	-3.993	-448	-1.379	725
Resultados atribuidos a socios externos						158
Resultado del Ejercicio	9.673	12.710	9.134	4.681	2.854	-479
Fuente : Zeltia						
Elaboración : Propia						

BALANCE DE SITUACIÓN ZELTIA

Al 31/12 años 1999-2004

(Miles de Euros)

Activo/ AÑOS	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Inmovilizado	82.536	151.696	169.400	204.023	249.746	268.080
Gastos de establecimiento	910	11.068	9.007	6.298	3.666	2.082
Inmovilizaciones inmatrimiales	50.235	70.217	102.222	147.313	206.083	243.223
(-) Amort. Acum. Inmovilizado inmaterial	-2.504	-2.937	-12.694	-14.626	-24.223	-29.259
Inmovilizaciones materiales	33.884	38.451	55.708	73.273	74.850	64.836
(-) Amort. Acum. Inmovilizado material	-11.280	-12.773	-15.338	-16.806	-18.945	-18.540
Inmovilizaciones financieras	11.875	52.558	35.746	10.516	9.499	6.902
'(-) Amort. Acum. Inmovilizado financiero	-584	-4.887	-5.250	-1.944	-1.184	-1.164
Fondo de Comercio	8.254	9.407	7.861	6.779	5.225	4.183
Gastos a distribuir en varios ejercicios	392	539	377	242	51	121
Activo Circulante	36.376	193.118	128.954	184.086	176.320	173.917
Existencias	4.776	6.139	6.564	6.855	9.280	10.611
Deudores	18.960	21.628	31.444	33.223	35.540	36.625

Inversiones Financieras Temporales	5.572	113.188	69.045	130.859	120.348	109.906
Acciones propias a corto plazo	2.689	44.179	11.467	3.684	3.864	3.123
Tesorería	4.254	7.514	9.652	8.851	7033	12741
Ajustes por periodificación	125	471	783	614,51	255	911
Total Activo	127.558	354.760	306.592	395.130	431.342	446.301
Fuente : Zeltia						

PASIVOS ZELTIA (1999 – 2004)

(En miles de euros)

Pasivo/ Años	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Fondos Propios (Nota 11)	69.468	316.169	264.937	315.108	316.305	326.052
Capital Suscrito	9.123	7.989	9.986	10.036	10.036	10.036
Prima de emisión	14.595	221.892	184.690	225.817	224.378	225.087
Reservas	36.077	73.579	61.141	74.574	79.037	88.708
Pérdidas y Ganancias	9.673	12.710	9.134	4.681	2.854	-479
Socios Extranjeros	18.155	384	724	0	0	5.196
Diferencia Negativa de consolidación	449	449	449,14	438,99	439	439
Ingreso a distribuir en varios ejercicios	734	560	805	558	456	1201
Provisiones para riesgos y gastos	962	927	883	93,22	46	101
Acreedores a largo plazo	19.160	10.059	10.344	23.467	50.320	50.163
Deudas con entidades de crédito	19.055	9.921	9.929	17.075	36.069	36.198
Otros acreedores	105	137	415	6.392	14251	13965
Acreedores a corto plazo	18.630	26.212	28.450	55.464	63.776	63.149
Deudas con entidades de crédito	6.497	3.960	4.516	21.027	34.718	39.388
Acreedores comerciales	16.388	7.598	18.355	29.542	22365	16830

Otras deudas no comerciales	4.443	5.714	5.425	4.496	6.680	6.904
Provisiones para operaciones de tráfico	0	142	125	49	0	27
Ajustes por periodificación	92	9	29	349,62	13	0
Total Pasivo	127.558	354.760	306.592	395.130	431.342	446.301
Fuente : Zeltia						
Elaboración : Propia						

RATIOS HISTÓRICOS FINANCIEROS ZELTIA
(1999 - 2004)

		1999	2000	2001	2002	2003	2004
RATIO LIQUIDEZ		1,95	7,37	4,53	3,32	2,76	2,75
ROA		9,76%	4,03%	2,18%	1,12%	1,28%	-0,11%
ROE		13,92%	4,02%	3,45%	1,49%	0,90%	-0,15%
PER		62,76	156,50	192,07	232,44	393,86	-2158,13
BN por Acción	Eur	0,06	0,08	0,05	0,02	0,01	0,00
P/BV (Price / Book Value)	Eur	8,74	6,29	6,62	3,45	3,55	3,17
EBITDA	Miles Eur	8.387	8.523	28.520	2.727	-13.962	3.200
EBIT	Miles Eur	12.445	14.297	6.688	4.429	5.520	-478
BENEFICIO NETO	Miles Eur	9.673	12.710	9.134	4.681	2.854	-479
EQUITY	Miles Eur	69.468	316.169	264.937	315.108	316.305	326.052
ACTIVO FIJO	Miles Eur	22.603	25.678	40.370	56.467	55.905	46.296
VENTAS/ACTIVO FIJO	Eur	2,12	2,17	2,32	1,91	1,32	1,70
Fuente : EE.FF. del presente trabajo (Zeltia)							
Elaboración : Propia							

INDICADORES DE RIESGO ZELTIA
(Al 29/04/2005)

	ZELTIA			PRODUCTOS FARMACEUTICOS Y BIOTECNOLÓGICOS		
	(Peso en el IGBM = 0,263%)			(Peso en el IGBM = 0,455%)		
Beta	0,67	0,83	1,01	0,58	0,67	0,81
Volatilidad	37,29	27,89	53,27	23,87	18,86	40,1
R2	5,51	14,38	21,62	9,94	20,55	24,65
Fuente: Bolsa Madrid. Ratios y Estimaciones de consenso						
Elaboración : propia						

Supuesto de Valoración.

Para realizar las proyecciones de los Estados Financieros ha sido necesario asumir supuestos respecto al crecimiento de diferentes partidas como ventas, compras, inventarios, etc. ; estos supuestos tienen correlación con la data histórica de la empresa por lo tanto son supuestos que reúnen los requisitos de ser coherentes y objetivos

Los resultados de la aplicación de estos supuestos se muestran a continuación:

HIPÓTESIS DE VALORACIÓN - PARTE I

VENTAS	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Ventas del año anterior	78.894	86.783	99.801	114.771	135.430
g	10%	15%	15%	18%	15%
	86.783	99.801	114.771	135.430	155.744

CMV	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Ventas del año	86.783	99.801	114.771	135.430	155.744
1-MB	20%	20%	20%	20%	20%
CMV	17.357	19.960	22.954	27.086	31.149

COMPRAS	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Stock inicial		6.564	6.855	9.280	10.611	6.800	7.819	8.992	10.611
+ Compras	38.853	33.293	43.430	35.285	13.545	20.980	24.127	28.705	32.741
- Stock final	6.564	6.855	9.280	10.611	6.800	7.819	8.992	10.611	12.203
= Coste de ventas	32.289	33.002	41.005	33.954	17.357	19.960	22.954	27.086	31.149

INVENTARIO	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Coste de mercancías	17.357	19.960	22.954	27.086	17.357	19.960	22.954	27.086	31.149
Coste de mercancías diarias	48	55	63	74	48	55	63	74	85
Rotación existencias	138,03	125,35	147,56	142,99	142,99	142,99	142,99	142,99	142,99
Inventario final	6.564	6.855	9.280	10.611	6.800	7.819	8.992	10.611	12.203

PROVEEDORES	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Compras	38.853	33.293	43.430	35.285	13.545	20.980	24.127	28.705	32.741
Compras diarias	106	91	119	97	37	57	66	79	90
Período medio de pago	172	324	188	174	174	174	174	174	174
Cuentas por pagar	18.355	29.542	22.365	16.830	6.461	10.007	11.508	13.691	15.616

CLIENTES	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Ventas	93.745	107.595	73.881	78.894	86.783	99.801	114.771	135.430	155.744
Ventas diarias	257	295	202	216	238	273	314	371	427
Período medio de cobro	122	113	176	169	169	169	169	169	169
Cuentas por cobrar	31.444	33.223	35.540	36.625	40.288	46.331	53.280	62.871	72.301

INMOVILIZADO	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
MATERIAL									
Saldo inicial		55.708	73.273	74.850	64.836	82.990	99.588	119.506	137.432
Altas		17.566	1.577		18.154	16.598	19.918	17.926	12.369
Bajas				-10.014					
Saldo final	55.708	73.273	74.850	64.836	82.990	99.588	119.506	137.432	149.800
% altas		32%	2%	0%	28%	20%	20%	15%	9%
AA inicial									
Amortización del año		-15.338	-16.806	-18.945	-18.540	-30.159	-37.130	-41.910	-47.407
Bajas		-1.469	-2.139	405	-11.619	-6.971	-4.780	-5.497	-5.992
Amortización final	-15.338	-16.806	-18.945	-18.540	-30.159	-37.130	-41.910	-47.407	-53.399
% Amortización		10%	13%	-2%	63%	23%	13%	13%	13%
	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*				
Activo fijo	82.990	99.588	119.506	137.432	149.800				
% amortización s/AF	14%	7%	4%	4%	4%				
Gasto por amortización	11.619	6.971	4.780	5.497	5.992				

SUPUESTO DE VAORACION PARTE II

HIPOTESIS DE VALORACION - PARTE II									
INMOVILIZADO									
INMATERIAL									
	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Saldo inicial		102.222	147.313	206.083	243.223	252.952	260.540	270.962	284.510
Altas		45.091	58.770	37.140	9.729	7.589	10.422	13.548	14.226
Bajas									
Saldo final	102.222	147.313	206.083	243.223	252.952	260.540	270.962	284.510	298.736
% altas		44%	40%	18%	4%	3%	4%	5%	5%
AA inicial									
Amortización del año		-12.694	-14.626	-24.223	-29.259	-31.789	-34.394	-37.104	-39.949
Bajas		-1.932	-9.597	-5.036	-2.530	-2.605	-2.710	-2.845	-2.987
Amortización final	-12.694	-14.626	-24.223	-29.259	-31.789	-34.394	-37.104	-39.949	-42.936
% Amortización		15%	66%	21%					
	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*				
Activo fijo	252.952	260.540	270.962	284.510	298.736				
% amortización s/AF	1%	1%	1%	1%	1%				
Gasto por amortización	2.530	2.605	2.710	2.845	2.987				
INMOVILIZADO									
FINANCIERO									
	2001	2002	2003	2004	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Saldo inicial		35.746	10.516	9.499	6.902	6.885	6.868	6.850	6.833
Altas									
Bajas		-25.230	-1.017	-2.597	-17	-17	-17	-17	-17
Saldo final	35.746	10.516	9.499	6.902	6.885	6.868	6.850	6.833	6.816
% altas		-71%	-10%	-27%	0%	0%	0%	0%	0%
AA inicial		-5.250	-1.944	-1.184	-1.164	-1.990	-2.814	-3.636	-4.456
Amortización del año									
Bajas		3.306	760	20	-826	-824	-822	-820	-818
Amortización final	-5.250	-1.944	-1.184	-1.164	-1.990	-2.814	-3.636	-4.456	-5.274
	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*				
Activo fijo	6.885	6.868	6.850	6.833	6.816				
% amortización s/AF	12%	12%	12%	12%	12%				
Gasto por amortización	826	824	822	820	818				
La mayor parte de investigación y desarrollo se activa y no va a gasto									
Hipótesis deuda									
	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*				
Saldo acreedores entidades bancar	381.618	286.213	228.971	274.765	274.765				
Tasa	2%	2%	2%	2%	2%				
	7.632	5.724	4.579	5.495	5.495				
FONDO DE COMERCIO									
	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*				
Fondo de Comercio inicial	4.183	4.267	4.608	4.654	4.328				
% sobre activos	2%	8%	1%	-7%	1%				
	4.267	4.608	4.654	4.328	4.372				
IMPUESTOS									
	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*				
Resultado Antes de Impuestc	2.954	2.954	2.954	2.954	2.954				
Tasa efectiva	27%	27%	27%	27%	27%				
Impuestos	798	798	798	798	798				
Payout									
	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*				
Utilidad del período	0	0	0	0	0				
Payout	1%	1%	1%	1%	1%				
	0	0	0	0	0				
GASTOS DE I & D									
	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*				
Gastos del año anterior	6.885	6.868	6.850	6.833	6.816				
g	12%	12%	12%	12%	12%				
Gastos del año	826	824	822	820	818				
Capital de Trabajo									
	2004	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*			
Capital de Trabajo	98.027	111.199	113.909	106.967	99.602	98.190			
Variación		13.172	2.710	-6.943	-7.364	-1.413			

Asimismo, para poder descontar los flujos de caja libre será necesario hallar la tasa de descuento a través del Costo Medio Ponderado de Capital (WACC) a través de la siguiente fórmula:

$$\text{WACC} = K_d (1-T) D\% + K_e E\%$$

Dónde:

- K_d : Costo de la deuda
- T : Tasa efectiva tributaria
- $D\%$: Valor de mercado de la deuda entre Valor de mercado de la deuda más el Valor de mercado de los Fondos Propios (Equity)
- $E\%$: Valor de mercado de los Fondos Propios entre Valor de mercado de la deuda más el valor de mercado de los Fondos Propios (Equity)
- K_e : Costo del Equity a través de la siguiente fórmula:

$$K_e = R_f + B(R_m - R_f) + RP$$

Donde:

- R_f : Rentabilidad del activo libre de riesgo
- B : Beta de la compañía con relación a un índice representativo
- R_m : Rentabilidad de los activos del mercado
- RP : Riesgo País

WACC

WACC

7,08%

Costo del Equity

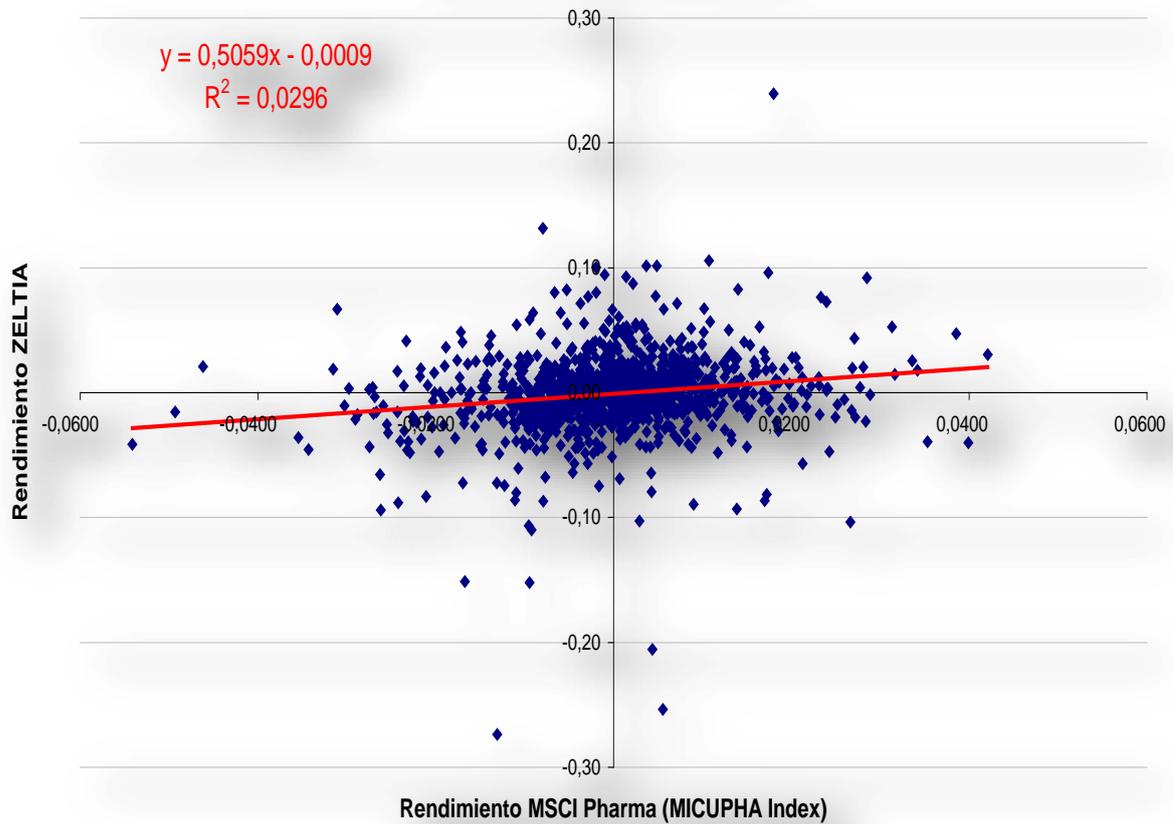
Componente	Fuente	Justificación	Valor
Tasa Libre de Riesgo	Yield del US Treasury Bond 10 Years	Instrumento más representativo del inversión libre de riesgo a nivel mundial	4,11%
Beta	MSCI Pharma (Bloomberg) y precio de Zeltia (Yahoo Finance)	Aplicamos Mínimos Cuadrados Ordinarios a los rendimientos de los precios de Zeltia y de los rendimientos de MSCI Pharma con información histórica a 5 años.	0,51
Prima de Mercado	Prima de rendimiento del Indice MSCI Pharma Index sobre el US Treasury Bond 10 Years (longitud de la serie del índice: 1 año)	Asumimos que el mercado mundial de valores se va a comportar de forma similar	8,45%
Prima de Riesgo País	No Aplica	No aplica al tratarse de un país desarr	0,00%
Costo del Equity			8,38%

Costo de la deuda

Componente	Fuente	Justificación	Valor
Costo de la deuda			2%
Tipo impositivo			27%
Costo de la deuda			1,46%
Valor de Mercado del Equity (miles de EUR)			326.052 81%
Valor de Mercado de la Deuda (miles de EUR)			75.586 19%
D+E			401.638

CÁLCULO DE BETA – Aplicación de Mínimos Cuadrados Ordinarios

SERIE HISTÓRICA A 5 AÑOS



Fuente : Bloomberg, YahooFinance
Elaboración : Propia

Estados Financieros Proyectados

A continuación se muestran los estados financieros proyectados de la compañía luego de haber aplicado las hipótesis indicadas en el apartado anterior, asimismo se muestra el cuadro de Ratios Financieros proyectados de la compañía. Estos servirán de insumo para el Flujo de Caja proyectado, que a su vez servirá de base para hallar el Flujo de Caja Libre de Zeltia:

BALANCES DE SITUACIÓN ZELTIA - ACTIVO
(PROYECTADO) al 31 de diciembre (En miles de euros)

AÑOS	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Activo					
Inmovilizado	280.971	294.740	316.750	339.045	355.825
Gastos de establecimiento	2.082	2.082	2.082	2.082	2.082
Inmovilizaciones inmateriales	252.952	260.540	270.962	284.510	298.736
(-) Amort. Acum. Inmovilizado inmaterial	-31.789	-34.394	-37.104	-39.949	-42.936
Inmovilizaciones materiales	82.990	99.588	119.506	137.432	149.800
(-) Amort. Acum. Inmovilizado material	-30.159	-37.130	-41.910	-47.407	-53.399
Inmovilizaciones financieras	6.885	6.868	6.850	6.833	6.816
(-) Amort. Acum. Inmovilizado financiero	-1.990	-2.814	-3.636	-4.456	-5.274
Fondo de Comercio	4.267	4.608	4.654	4.328	4.372
Gastos a distribuir en varios ejercicios	121	121	121	121	121
Activo Circulante	163.979	170.235	164.794	159.613	160.125
Existencias	6.800	7.819	8.992	10.611	12.203
Deudores	40.288	46.331	53.280	62.871	72.301
Inversiones Financieras Temporales	112.858	112.051	98.487	82.097	71.587
Acciones propias a corto plazo	3.123	3.123	3.123	3.123	3.123
Tesorería/(Deuda Financiera) Neta	5.961	23.371	60.037	114.439	184.351
Ajustes por periodificación	911	911	911	911	911
Total Activo	449.338	469.704	486.319	503.107	520.442

Fuente: Zeltia

Elaboración: Propia

BALANCES DE SITUACIÓN ZELTIA - PASIVO
(PROYECTADO) al 31 de diciembre (En miles de euros)

AÑOS	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Pasivo					
Fondos Propios	339.459	356.278	371.392	385.997	401.407
Capital Suscrito	10.036	10.036	10.036	10.036	10.036
Prima de emisión	225.087	225.087	225.087	225.087	225.087
Reservas de la sociedad dominante	91.408	91.408	91.408	91.408	91.408
Beneficio atribuible a la sociedad	12.928	29.747	44.861	59.466	74.876
Socios Externos	5.196	5.196	5.196	5.196	5.196
Diferencia Negativa de consolidación	439	439	439	439	439
Ingreso a distribuir en varios ejercicios	1201	1201	1201	1201	1201
Provisiones para riesgos y gastos	101	101	101	101	101
Acreeedores a largo plazo	50.163	50.163	50.163	50.163	50.163
Deudas con entidades de crédito	36.198	36.198	36.198	36.198	36.198
Otros acreedores	13.965	13.965	13.965	13.965	13.965
Acreeedores a corto plazo	52.780	56.326	57.827	60.010	61.935
Deudas con entidades de crédito	39.388	39.388	39.388	39.388	39.388
Acreeedores comerciales	6.461	10.007	11.508	13.691	15.616
Otras deudas no comerciales	6.904	6.904	6.904	6.904	6.904
Provisiones para operaciones de tráfico	27	27	27	27	27
Total Pasivo	449.338	469.704	486.319	503.107	520.442

Fuente : Zeltia
Elaboración : propia

Podemos apreciar que el valor de la acción por el típico método de descuento de flujo de caja (aplicación del VAN a los Flujos de Caja) se ubica en 5,17 Euros por acción.

CUENTAS DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS ZELTIA PROYECTADO

(En miles de euros)

Ejercicios anuales al 31 de diciembre

AÑOS	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Ventas Netas	86.783	99.801	114.771	135.430	155.744
Coste de Ventas	-17.357	-19.960	-22.954	-27.086	-31.149
Beneficio Bruto	69.427	79.841	91.817	108.344	124.595
Otros Ingresos	40.401	40.401	40.401	40.401	40.401
Gastos de personal	-28.615	-28.615	-28.615	-28.615	-28.615
Otros Gastos de Explotación	-48.490	-48.490	-48.490	-48.490	-48.490
Gastos de I + D	-826	-824	-822	-820	-818
Resultado Operativo Bruto (EBITDA)	31.897	42.313	54.291	70.820	87.074
Amortización	-11.619	-6.971	-4.780	-5.497	-5.992
Resultado de Explotación	20.278	35.341	49.511	65.323	81.081
Amortización Fondo Comercio Consolidación	-1.554	-1.554	-1.554	-1.554	-1.554
Amortización intangibles	-3.356	-3.430	-3.532	-3.665	-3.805
(Pérdidas) Beneficios Venta Inmovilizado inmaterial, material y cartera de control	4.596	4.596	4.596	4.596	4.596
Gastos Extraordinarios	-3.173	-3.332	-3.532	-3.779	-4.119
Ingresos Extraordinarios	1.612	1.693	1.794	1.884	2.016
Resultado Antes de Int e Impuestos (EBIT)	18.403	33.315	47.284	62.805	78.215
Gastos Financieros	-7.632	-5.724	-4.579	-5.495	-5.495
Ingresos Financieros	2.954	2.954	2.954	2.954	2.954
Resultado Antes de Impuestos	13.725	30.545	45.658	60.263	75.674
Impuesto Sobre Sociedades	-798	-798	-798	-798	-798
Resultados atribuidos a socios externos					
Resultado del Ejercicio	12.928	29.747	44.861	59.466	74.876

Fuente : Zeltia; Elaboración : propia

RATIOS FINANCIEROS PROYECTADOSZELTIA

Proyectadas 2005 – 2009

		2005	2006	2007	2008	2009
RATIO LIQUIDEZ		3,11	3,02	2,85	2,66	2,59
ROA		4,10%	7,09%	9,72%	12,48%	15,03%
ROE		3,81%	8,35%	12,08%	15,41%	18,65%
PER		80,24	34,87	23,12	17,44	13,85
BN por Acción	Eur	0,06	0,15	0,22	0,30	0,37
P/BV (Price / Book Value)	Eur	3,06	2,91	2,79	2,69	2,58
EBITDA	Miles Eur	31.897	42.313	54.291	70.820	87.074
EBIT	Miles Eur	18.403	33.315	47.284	62.805	78.215
BENEFICIO NETO	Miles Eur	12.928	29.747	44.861	59.466	74.876
EQUITY	Miles Eur	339.459	356.278	371.392	385.997	401.407
ACTIVO FIJO	Miles Eur	52.831	62.458	77.596	90.024	96.401
VENTAS/ACTIVO FIJO	Eur	1,64	1,60	1,48	1,50	1,62
Fuente : EE.FF. Proyectados del presente trabajo (Zeltia)						
Elaboración : Propia						

Flujo de Caja Proyectado

(Miles de USD)

Cash Flow	2005*	2006*	2007*	2008*	2009*
Beneficio Neto	12.928	29.747	44.861	59.466	74.876
Amortizaciones	11.619	6.971	4.780	5.497	5.992
Flujo de Caja operativo	24.546	36.718	49.641	64.963	80.868
Variación del circulante operativo	-13.172	-2.710	6.943	7.364	1.413
Cash de las operaciones	11.374	34.008	56.583	72.327	82.281
Capex	-18.154	-16.598	-19.918	-17.926	-12.369
Cash flow de inversión	-18.154	-16.598	-19.918	-17.926	-12.369
Distribución de dividendos	0	0	0	0	0

Ampliación de capital	0	0	0	0	0
Cash flow de financiación	0	0	0	0	0
Acumulación / (Necesidad) de Tesorería	-6.780	17.410	36.666	54.401	69.912
Caja a principios del ejercicio	12.741	5.961	23.371	60.037	114.439
Variación Neta de caja	-6.780	17.410	36.666	54.401	69.912
Caja a finales del ejercicio	5.961	23.371	60.037	114.439	184.351
<u>Tesorería / (Deuda Financiera) Neta</u>					
Tesorería / (Deuda Financiera) Inicial	12.741	5.961	23.371	60.037	114.439
Caja	-6.780	17.410	36.666	54.401	69.912
Tesorería / (Deuda Financiera) Final	5.961	23.371	60.037	114.439	184.351

Flujo de Caja Descontado

<u>Free Cash Flow/AÑO</u>	1	2	3	4	5	5
<i>(Miles de Euros)</i>	2005	2006	2007	2008	2009	Perpetuidad
Ebit	18.403	33.315	47.284	62.805	78.215	
Impuestos	(4.969)	(8.995)	(12.767)	(16.957)	(21.118)	
<i>Tasa impositiva</i>	27%	27%	27%	27%	27%	
Nopat	13.434	24.320	34.517	45.847	57.097	57.097
Amortizaciones	11.619	6.971	4.780	5.497	5.992	3.992
Flujo de caja operativo bruto	25.053	31.291	39.297	51.345	63.089	61.089
Capex	(18.154)	(16.598)	(19.918)	(17.926)	(12.369)	(6.369)
Inv. netas en circulante	(13.172)	(2.710)	6.943	7.364	1.413	1.413
Total inversiones netas	(31.326)	(19.308)	(12.975)	(10.562)	(10.956)	(4.956)
<u>Flujos de caja operativos libres</u>	<u>(6.273)</u>	<u>11.983</u>	<u>26.322</u>	<u>40.783</u>	<u>52.133</u>	<u>56.133</u>
% de variación		-291%	120%	55%	28%	8%
Factor de descuento	1,07	1,15	1,23	1,31	1,41	1,41

<u>FCL Descontados</u>	<u>-5.859</u>	<u>10.451</u>	<u>21.438</u>	<u>31.018</u>	<u>37.029</u>	<u>39.870</u>
Valor actual (05-09)	94.077	9%	Tasa de descuento		7,08%	
Valor a perpetuidad	1.006.111	91%	Tasa de crec. OpFcF		3,00%	
Valor Empresa	1.100.188					
Deuda Neta	75.586					
Tesorería	12.741					
Valor de equity	1.037.343					
Nº de acciones (Miles)	200.727					
Valor por acción (EUR)	5,17					

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

A. Valor presente 05-09E

WACC	
10,1%	83.946
9,1%	87.161
8,1%	90.535
7,1%	94.077
6,6%	95.914
6,1%	97.796
5,6%	99.726

B. Valor presente de cash flows perpetuos

WACC	Tasa de crecimiento a perpetuidad				
	1,50%	2,50%	3,00%	3,50%	4,50%
10,1%	471.562	539.019	579.891	626.974	746.445
9,1%	533.760	620.916	675.242	739.302	909.366
8,1%	614.858	732.159	808.121	900.664	1.163.263
7,1%	725.016	891.962	1.006.111	1.152.131	1.613.854
6,6%	796.353	1.001.227	1.146.565	1.339.066	2.001.494
6,1%	883.260	1.140.999	1.332.597	1.598.410	2.634.223
5,6%	991.459	1.326.128	1.590.688	1.982.341	3.851.926

C. Valor de empresa (A + B)

WACC	Tasa de crecimiento a perpetuidad				
	1,50%	2,50%	3,00%	3,50%	4,50%
10,1%	555.508	622.964	663.837	710.919	830.390
9,1%	620.921	708.077	762.404	826.463	996.527
8,1%	705.394	822.694	898.657	991.199	1.253.798
7,1%	819.093	986.038	1.100.188	1.246.208	1.707.930
6,6%	892.266	1.097.140	1.242.479	1.434.979	2.097.408
6,1%	981.056	1.238.795	1.430.393	1.696.206	2.732.020
5,6%	1.091.185	1.425.854	1.690.414	2.082.067	3.951.652

- D. Deuda Neta
+ Tesorería

- 75.586
+ 12.741

= E. Equity value (C - D)

WACC	Tasa de crecimiento a perpetuidad				
	1,50%	2,50%	3,00%	3,50%	4,50%
10,1%	492.663	560.119	600.992	648.074	767.545
9,1%	558.076	645.232	699.559	763.618	933.682
8,1%	642.549	759.849	835.812	928.354	1.190.953
7,1%	756.248	923.193	1.037.343	1.183.363	1.645.085
6,6%	829.421	1.034.295	1.179.634	1.372.134	2.034.563
6,1%	918.211	1.175.950	1.367.548	1.633.361	2.669.175
5,6%	1.028.340	1.363.009	1.627.569	2.019.222	3.888.807

F. Valor por acción

WACC	Tasa de crecimiento a perpetuidad				
	1,50%	2,50%	3,00%	3,50%	4,50%
10,1%	2,45	2,79	2,99	3,23	3,82
9,1%	2,78	3,21	3,49	3,80	4,65
8,1%	3,20	3,79	4,16	4,62	5,93
7,1%	3,77	4,60	5,17	5,90	8,20
6,6%	4,13	5,15	5,88	6,84	10,14
6,1%	4,57	5,86	6,81	8,14	13,30
5,6%	5,12	6,79	8,11	10,06	19,37

Resultados de la Valoración

Descontando los flujos de caja libre de la compañía se obtiene un valor de 1.100.188 Euros, restando la deuda neta y sumando la tesorería, asimismo dividiendo entre el número de acciones de la compañía se obtiene el **valor por acción de ZELTIA ubicado en 5,17 euros**. Adicionalmente podemos observar en el análisis de sensibilidad del valor por acción de la compañía a través de un rango de valores para la tasa de descuento (WACC) que oscila desde 5,6% a 10,1% y la tasa de crecimiento a perpetuidad (g) que oscila entre 1,50% y 4,50%.

Sin embargo, para tener una mejor precisión de los posibles resultados para el precio objetivo, se procedió a aplicar el método de Simulación Montecarlo, sensibilizando tasa de descuento, la tasa de crecimiento y el Resultado antes de intereses e impuestos (EBIT), ajustado por un factor (porcentual) de llegar a alcanzar otros niveles de beneficios y fijarse en los rangos de las variables). Ejecutando un millón de iteraciones se llega a obtener una distribución de los flujos “lognormal” con una **media ubicada en niveles de 5,92 euros por acción y una mediana de 5,41 euros por acción**

4.1.2 Valoración por Opciones Reales: Simulación de Montecarlo
Para proceder a la valoración por el Modelo de Monte Carlo se empleó Crystall Ball siguiente forma:

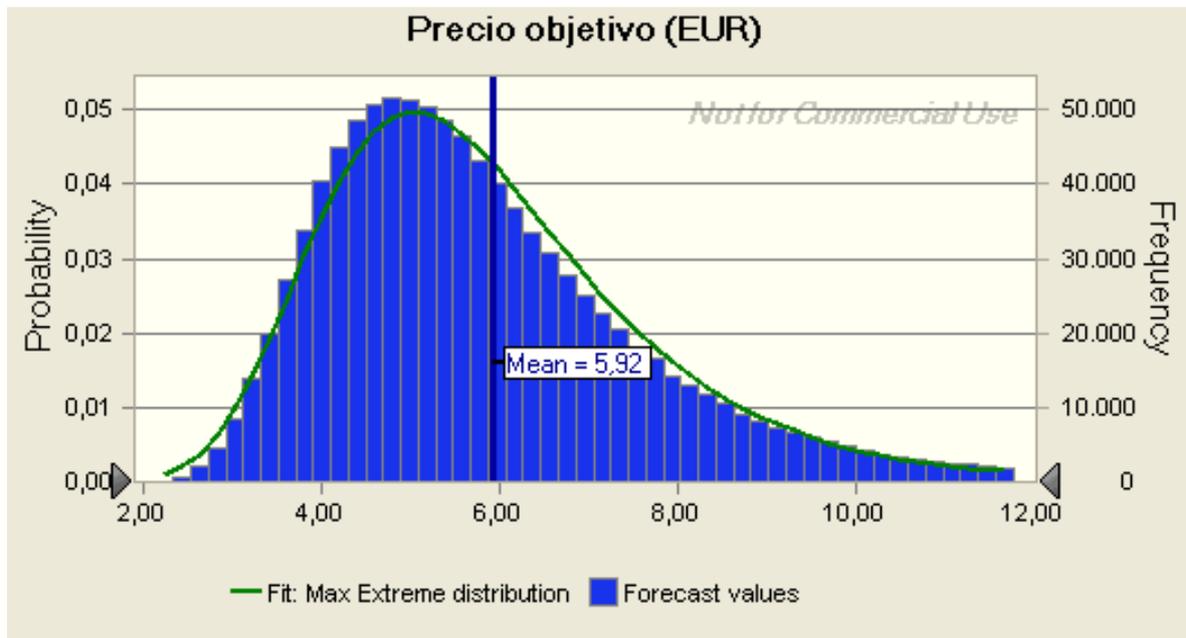
1. Se estimó la escala de valores que podría alcanzar el precio objetivo y la probabilidad de ocurrencia asociada a cada valor.

PRECIO OBJETIVO DEL CONSENSO DE ANALISTAS

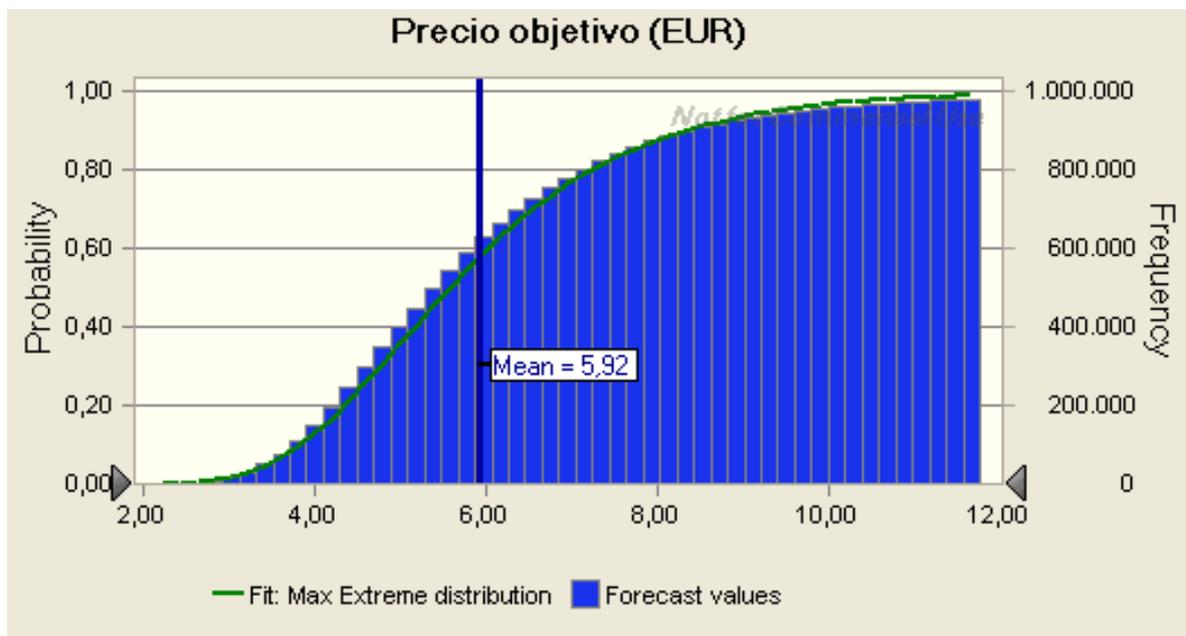
Precio objetivo	
Precio objetivo (media):	5,91
Precio objetivo (mediana):	6,14
Precio objetivo (máximo):	7,5
Precio objetivo (mínimo):	3,7
Número de Brokers:	9
Fuente : YahooFinance	
Elaboración : propia	

2. Se eligió aleatoriamente uno de los valores y de acuerdo a la combinación seleccionada, se computo la tasa de rendimiento resultante
3. Este proceso se ha repetido varias veces con un millón de iteraciones para obtener la posibilidad de ocurrencia de las varias tasas de rendimiento. El resultado indica distintas tasas de rendimiento que podrían lograrse.
4. Luego calculamos la tasa media esperada, que es el promedio ponderado de todas las tasas resultantes de las sucesivas pruebas realizadas, siendo la base de ponderación la probabilidad de ocurrencia de cada una.

FRECUENCIAS Y PROBABILIDAD DE LA SIMULACIÓN MONTECARLO



FRECUENCIA ACUMULADA DE LA SIMULACIÓN MONTECARLO



**ESTADÍSTICOS DE LA
SIMULACIÓN MONTECARLO**

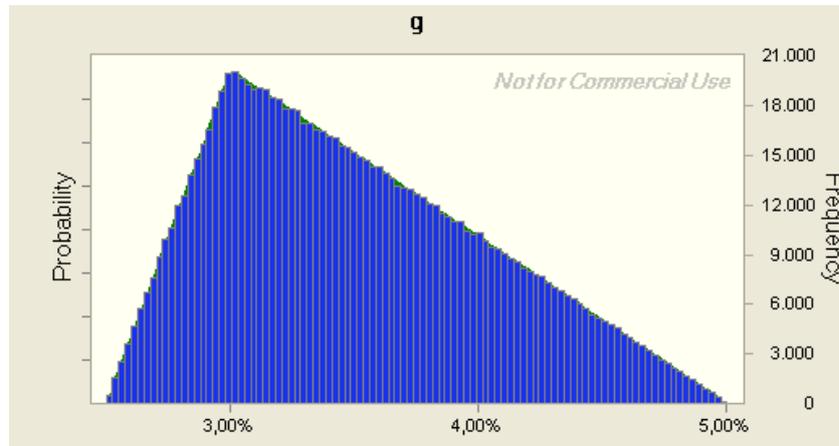
Forecast: Precio objetivo (EUR)	
Statistic	Forecastvalues
Trials	1.000.000
Mean	5,92
Median	5,49
Mode	'---
Standard Deviation	2,10
Variance	4,41
Skewness	0.0
Kurtosis	16,51
Coeff. of Variability	0,3544
Minimum	2,09
Maximum	41,03
Mean Std. Error	0

**ESTADÍSTICOS DE LA
SIMULACIÓN MONTECARLO**

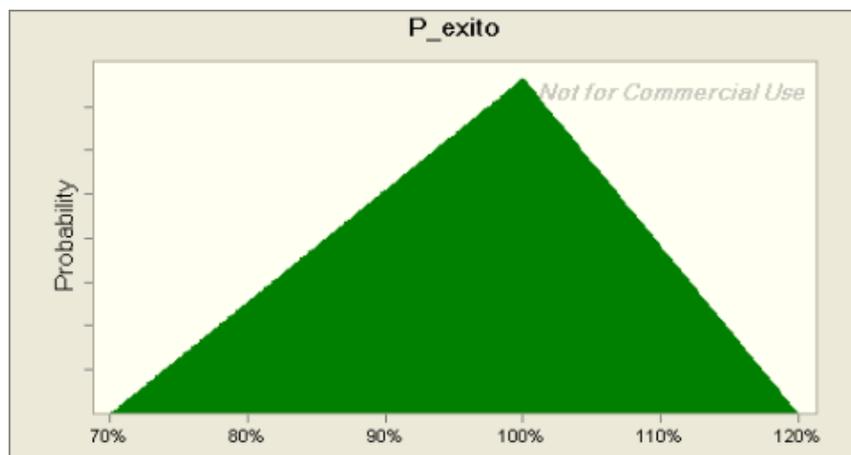
Forecast: Precio objetivo (EUR)		
Percentile	Fit: Max Extreme distribution	Forecastvalues
0%	-Infinito	2,09
10%	3,83	3,84
20%	4,35	4,31
30%	4,77	4,71
40%	5,17	5,09
50%	5,57	5,49
60%	6,02	5,93
70%	6,54	6,47
80%	7,22	7,21
90%	8,31	8,47
100%	Infinito	41,03

Se asume una distribución triangular por tratarse de una variable g con grado de concentración al límite inferior izquierdo conocido

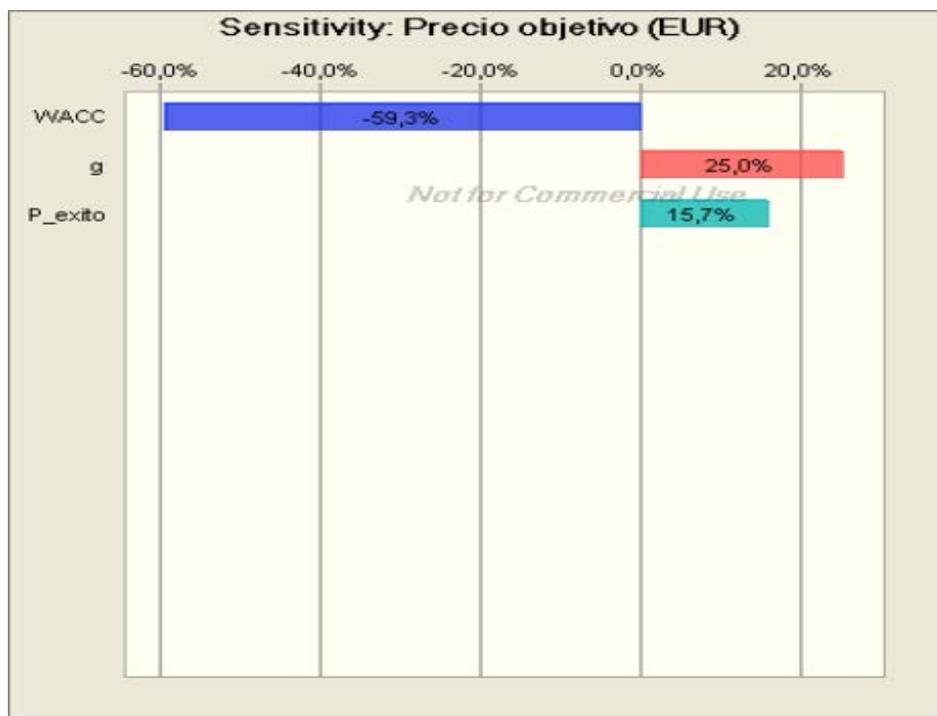
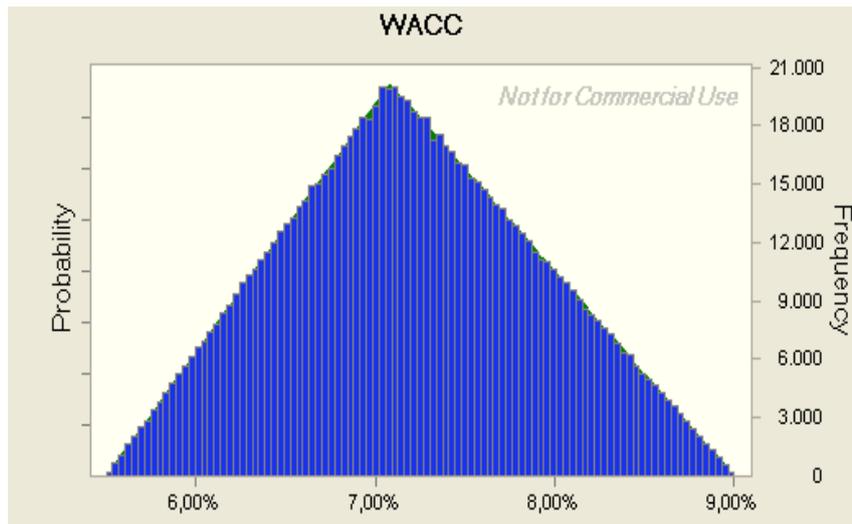
DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR DE LAS VARIABLES A SENSIBILIZAR



Se ha definido una distribución triangular para la variable “g”, vale decir, para la variable de crecimiento de la perpetuidad de los flujos de caja libre, cuyo rango se encuentra entre 1,50% y 4,50%.



Se ha definido una distribución triangular para la variable “WACC”, vale decir, para la variable tasa de descuento de los flujos de caja libre, cuyo rango se encuentra entre 5,60% y 10,1%.



Si observamos la probabilidad de éxito del wacc de acercarse a su valor verdadero aleatoriamente es baja.

Resultado de la valoración por el Método de Montecarlo

Se puede apreciar que luego de 1 millón de iteraciones y sabiéndose que la distribución se corresponde a una lognormal, el valor por acción se ubica en 5,92 Euros por acción.

4.1.3 Valoración por opciones Reales: Árbol de Decisión Supuestos de valoración

- Cada producto representa una “opción de crecimiento” que se debe valorar individualmente. Cada producto contiene a su vez diferentes aplicaciones, cada una de éstas se encuentra en una fase de desarrollo de producto diferente, así como diferentes tiempos esperados de lanzamiento al mercado. Se desprende que es necesario elaborar una valoración de cada aplicación por separado para determinar un valor más exacto.
- Se aplicarán las probabilidades de éxito de pasar a una sucesiva fase o llegar al mercado de Kellog y Charnes²⁸, basadas a su vez en Myers and Howe²⁹. Cuanto más avanzada es la fase de desarrollo del fármaco, mayor es la probabilidad de llegar al mercado. Ver el cuadro siguiente:

COSTOS Y PROBABILIDADES CONDICIONALES DE ÉXITO EN CADA FASE.

I & D	COSTO TOTAL	AÑOS EN FASE	PROB. CONDICIONAL DE ÉXITO	
Descubrimiento	2,2	1	0,6	
Pre Clínica	13,8	3	0,9	
Fase I	2,8	1	0,75	
Fase II	6,4	2	0,5	
Fase III	18,1	3	0,85	0,9
Inscripción	3,3	3	0,75	0,9
Post Aprobación	31,2	9	1	

Las probabilidades de éxito de las dos últimas fases son cambiadas por estos autores en la valoración de Agouron (empresa norteamericana farmacéutica), debido a la inexistencia de productos alternativos en el mercado, lo que en principio es totalmente aplicable a Zeltia.
Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Myers and Howe, 1997)
Elaboración: Propia

Acorde con el estudio de Myers y Howe, las ventas se clasifican en cinco rangos, y tienen asociadas una probabilidad determinada de ocurrencia (tomaremos los mismos

²⁸ KELLOG, J. y CHARNES, M. (2000): “Real options valuation for a Biotechnology Company”, Financial Analyst Journal, May – Jun, pag. 76 – 84.

²⁹MYERS, S.C. y HOWE, C.D. (1997): “A life Cycle Financial Model of Pharmaceutical R&D, Program on the Pharmaceutical Industry”. Massachusetts Institute of Technology.

supuestos). Asimismo, los costos se derivan de del histórico del sector farmacéutico.
Ver el Cuaa continuación:

PROBABILIDAD ASOCIADA A LAS VENTAS EN CINCO RANGOS DEL SECTOR FARMACEUTICO (millones US\$)

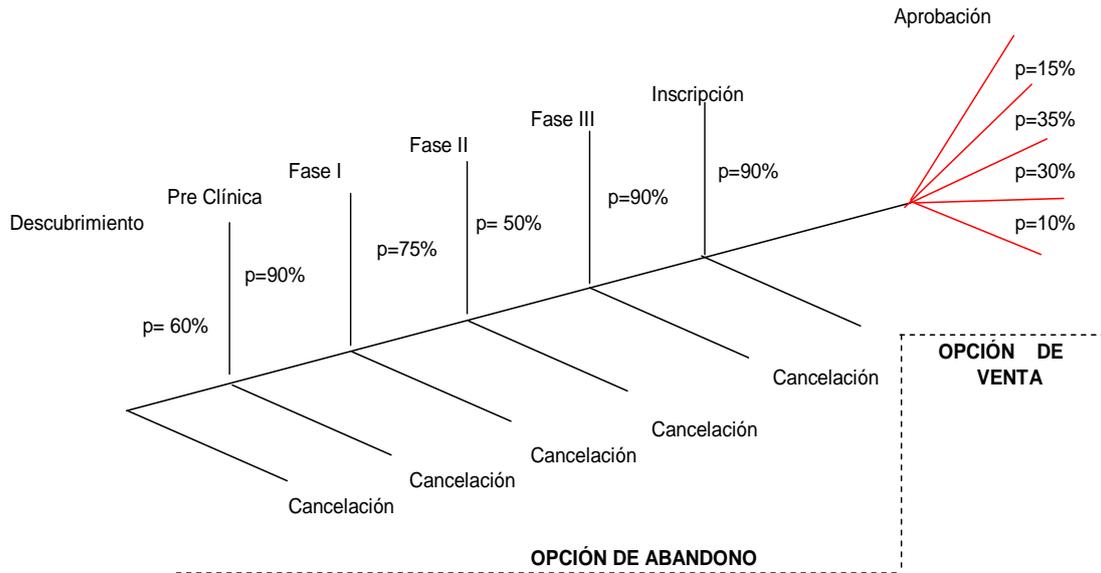
AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Muy superiores a la media INGRESOS (P=15%)	80	300	300	600	800	800	800	1324	1324	1324	1324	1324
2. Superiores a la media INGRESOS (P=35%)	50	210	210	210	210	410	410	410	662	662	662	662
3. Media (promedio) INGRESOS (P=30%)	2,0	32,5	32,5	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2	66,2
4. Bajo la media INGRESOS (P=10%)	0,3	3,8	3,8	3,8	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
5. Muy Bajo INGRESOS (P=10%)	0,3	3,3	3,3	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Myers and Howe)												
Elaboración: Propia												

COSTOS ASOCIADOS A LA EMPRESA

Rubro	Supuestos	Fuente
Coste de venta (ingreso)	25,5%	OTA
Gasto de comercialización	100% de venta. Primer año después de iniciar	Myers
	50% de venta. Año 2 después de iniciar	
	25% de venta. Año 3 y 4 después de iniciar	
	20% de venta en años 5 al 13 después de iniciar	
Capital de trabajo	17% de venta	
Gastos Generales y Administrativos	11% de venta	OTA
Tasa impositiva	35% de ganancias	Myers
Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Kellog&Charnes)		
Elaboración: Propia		

- La tasa de descuento será la que se halló en el método de valoración anterior (FCD), es decir, 7,08% (WACC).
- En resumen, el esquema de desarrollo del producto se aprecia en el gráfico a continuación:

ESQUEMA DE DESARROLLO DEL PRODUCTO



Fuente: Análisis Financiero N° 92, 2003 (Myers and Howe, 1997)
 Elaboración: Propia

Metodología Aplicada:

Siguiendo el modelo de valoración de Kellog y Charnes (2000), el valor del producto estará formado por la suma probabilística de la *opción de venta*, que no es más que la opción del compuesto de llegar a ser comercializado en el mercado, a través de su correspondiente probabilidad histórica aplicada a la esperanza de sus posibles resultados más la *opción de abandono* (que tomará realmente un signo negativo al final del cálculo de la opción), esto es, la opción de que no pueda seguir su proceso de desarrollo de las fases de análisis clínicas o preclínicas y por tanto el compuesto no pueda llegar a ser comercializado. Analíticamente sería la siguiente ecuación:

$$EPV = \sum_{I=1}^7 \ell_J \sum_{J=1}^T \frac{DCF}{(1+rd)^t} + \ell_j \sum_{t=1}^T \rho_J \sum_{t=1}^T \frac{CCF}{(1+rd)^t}$$

Opción de Abandono

La opción de abandono es la opción de no continuar el año siguiente con las fases de investigación y desarrollo del proyecto. En primer lugar, debemos considerar las probabilidades de éxito de cada etapa. Luego calcularemos cuales son las probabilidades de “no éxito” en cada una de las fases, esto se obtiene del

complemento de cada probabilidad de éxito en cada fase multiplicado por las probabilidades de las fases anteriores, de este modo obtenemos el siguiente cuadro:

**ESTUDIO DE PROBABILIDADES INTERMEDIAS DE
“ABANDONO Y VENTA”
PARA UN COMPUESTO DE AL FASE DE DESCUBIERTO**

ESTUDIO DE PROBABILIDADES INTERMEDIAS DE "ABANDONO" Y "VENTA" PARA UN COMPUESTO EN FASE DE DESCUBRIMIENTO								
Fin de Fase	P(Éxito)	P(fracaso)	Obtención	Fase				
				Preclínica	Fase I	Fase II	Fase III	Insc.
Descubrimiento	0,6	0,4	(1-0,60)	0	0	0	0	0
Pre Clínica	0,9	0,06	(1-0,90)*0,60	0,1	0	0	0	0
Fase I	0,75	0,135	(1-0,75)*0,60*0,90	0,225	0,25	0	0	0
Fase II	0,5	0,2025	(1-0,50)*0,60*0,90*0,75	0,3375	0,375	0,5	0	0
Fase III	0,9	0,02025	(1-0,90)*0,60*0,90*0,75*0,50	0,03375	0,0375	0,05	0,1	0
Inscripción	0,9	0,018225	(1-0,90)*0,60*0,90*0,75*0,50*0,90	0,030375	0,03375	0,045	0,09	0,1
Post Aprobación	1	0,164025	0,60*0,90*0,75*0,50*0,90*0,90	0,273375	0,30375	0,405	0,81	0,9
			1	1	1	1	1	1

Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Myers and Howe, 1997)

Elaboración : Propia

Procedemos a calcular el valor actual de los costos de I+D de cada una de las fases, sumando los flujos de costes de cada periodo, ponderándolo por la probabilidad de “abandono” (ver cálculos previos realizados en los cuadros previamente expuestos). La suma de todo nos dará el valor de la opción de abandono, ver el cuadro a continuación:

CÁLCULO DE LA OPCIÓN DE ABANDONO
FASE DE DESCUBRIMIENTO

	PROBABILIDAD	A	B
DESCUBRIMIENTO	40%	-2,20	-0,88
F. PRECLINICA	6%	-13,44	-0,81
FASE I	13,50%	-15,57	-2,10
FASE II	20,25%	-19,81	-4,01
FASE III	2,025%	-29,59	-0,60
INSCRIPCIÓN	1,822%	-31,05	-0,57
OPCIÓN DE ABANDONO (Millones US\$)			-8,97
Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Myers and Howe, 1997)			
Elaboración : propia			

$$A = \sum_{j=1}^T \frac{CCF}{(1+rd)^t} \quad B = \ell_j \sum_{t=1}^T \frac{CCF}{(1+rd)^t}$$

Este criterio para determinar la opción de abandono en la fase de descubrimiento debe desarrollarse para las demás fases.

Opción de Venta

En primer lugar determinaremos los flujos de caja en el momento de lanzamiento del producto siguiendo el estudio realizado por Myers y Howe. Aquí hallaremos los valores actuales netos de los flujos de caja de cada uno de los diferentes tipos de venta para un intervalo temporal de 12 años. Estos autores indican que las posibles ventas de un fármaco están divididas en cinco posibles rangos:

Ingresos muy superiores a la media: Cuya cifra anual alcanza 1.323,9 Millones US\$. Probabilidad 15%. VAN en el momento de lanzamiento del producto US\$ 942,48 Millones US\$.

Ingresos superiores a la media:

Cuya cifra anual alcanza 661,96 Millones US\$. Probabilidad 35%. VAN en el momento de lanzamiento del producto US\$ 421,20 Millones US\$.

Ingresos medios: Cuya cifra anual alcanza 66,2 Millones US\$. Probabilidad 30%. VAN en el momento de lanzamiento del producto US\$ 61,68 Millones US\$.

Ingresos debajo de la media: Cuya cifra anual alcanza 7,44 Millones US\$. Probabilidad 10%. VAN en el momento de lanzamiento del producto US\$ 6,56 Millones US\$.

Ingresos superiores a la media: Cuya cifra anual alcanza 6,62 Millones US\$. Probabilidad 10%. VAN en el momento de lanzamiento del producto US\$ 6,17 Millones US\$.

La opción de Venta será la sumatoria de los VAN, debidamente descontados al lanzamiento del producto, a su vez descontado al momento actual, para un fármaco en fase de descubrimiento, menos los costes de investigación y desarrollo, ponderado todo ello por cada una de las probabilidades de los rangos de ventas y a su vez por la probabilidad de que el producto pueda llegar al mercado. De esta manera se muestra a continuación los cálculos de cada una de las cinco etapas de ventas, para luego mostrar en el subsiguiente cuadro el cálculo de la opción de venta.

Muy bajos	0,25	3,33	3,33	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62	6,62
Costos	0,26	3,45	2,61	5,20	4,87	4,87	4,87	4,87	4,87	4,87	4,87	4,87
Flujo de Caja	-0,01	-0,08	0,47	0,93	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Valor actual (WACC = 7,08%)	6,17											
Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Myers and Howe, 1997)												
Elaboración : propia												

CÁLCULO DE LA OPCIÓN DE ABANDONO

FASE DE DESCUBRIMIENTO

Ingresos	Probabilidad Ocurrencia	Probabilidad Aprobación	VA Flujos de Caja	Coste (fase inscripción)	TOTAL
Muy superiores a la media	15%	16,4%	414,96	-31,05	9,45
Superiores a la media	35%	16,4%	185,35	-31,05	8,86
Medio (promedio)	30%	16,4%	27,14	-31,05	-0,19
Bajo la media	10%	16,4%	2,89	-31,05	-0,46
Muy bajos	10%	16,4%	2,72	-31,05	-0,46
OPCIÓN DE VENTA (Millones US\$)					17,19
Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Myers and Howe, 1997)					
Elaboración : propia					

El valor de compuesto según este método será la suma de la opción de venta y opción de abandono, es decir, $17,19 \text{ millones US\$} - 8,97 \text{ millones US\$} = 8,22 \text{ millones US\$}$. A continuación se muestra el gráfico con el análisis desarrollado en las tablas anteriores para un producto en fase de descubrimiento:

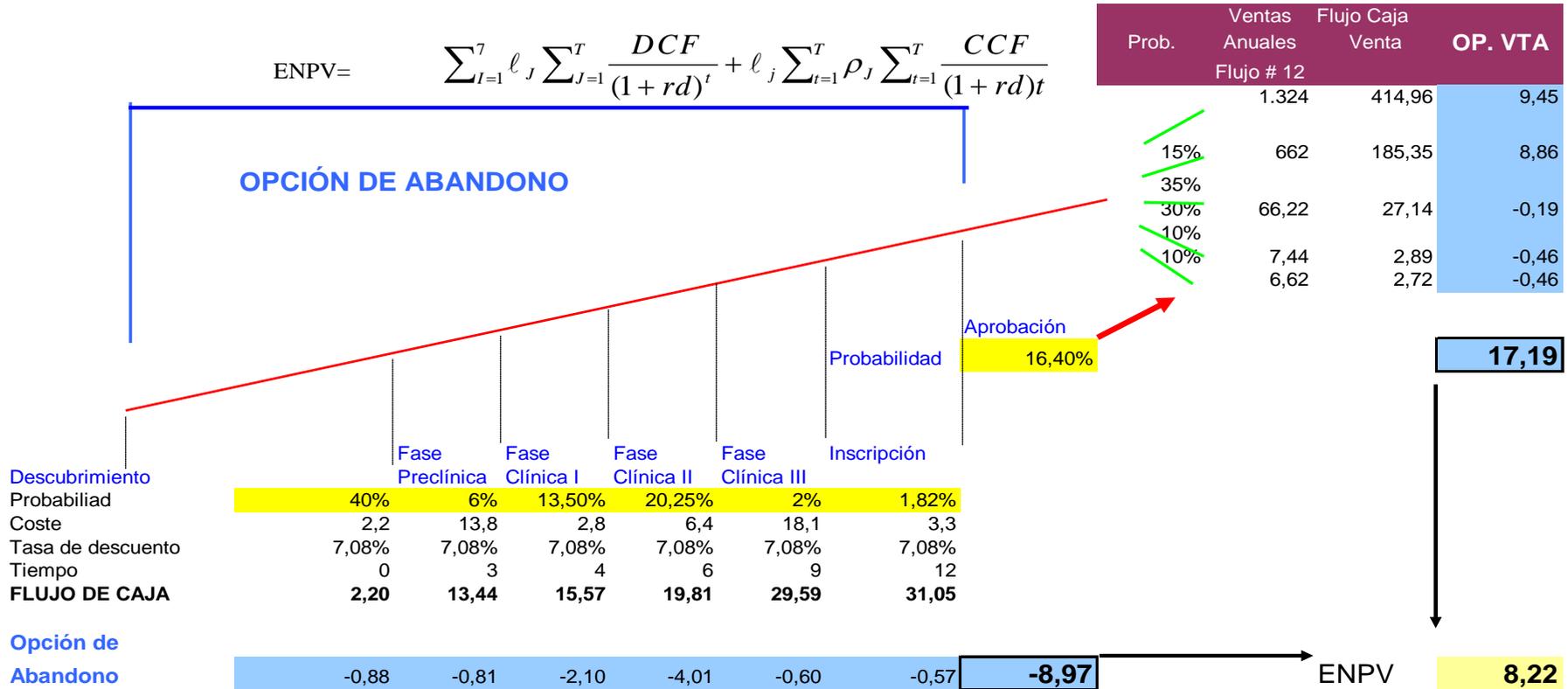
OPCION DE ABANDONO EN FASE DE DESCUBRIMIENTO

ÁRBOL DE DECISIÓN

Para un compuesto químico que se encuentra en fase de descubrimiento. Fuente Kellogg y Charnes.

Biblioteca demás de 500 compuestos en fase de descubrimiento

$$ENPV = \sum_{j=1}^7 \ell_j \sum_{t=1}^T \frac{DCF}{(1+rd)^t} + \ell_j \sum_{t=1}^T \rho_j \sum_{t=1}^T \frac{CCF}{(1+rd)^t}$$



A continuación se mostrarán los cálculos realizados de la opción de venta, de la opción de abandono y su respectiva diferencia para las fases restantes:

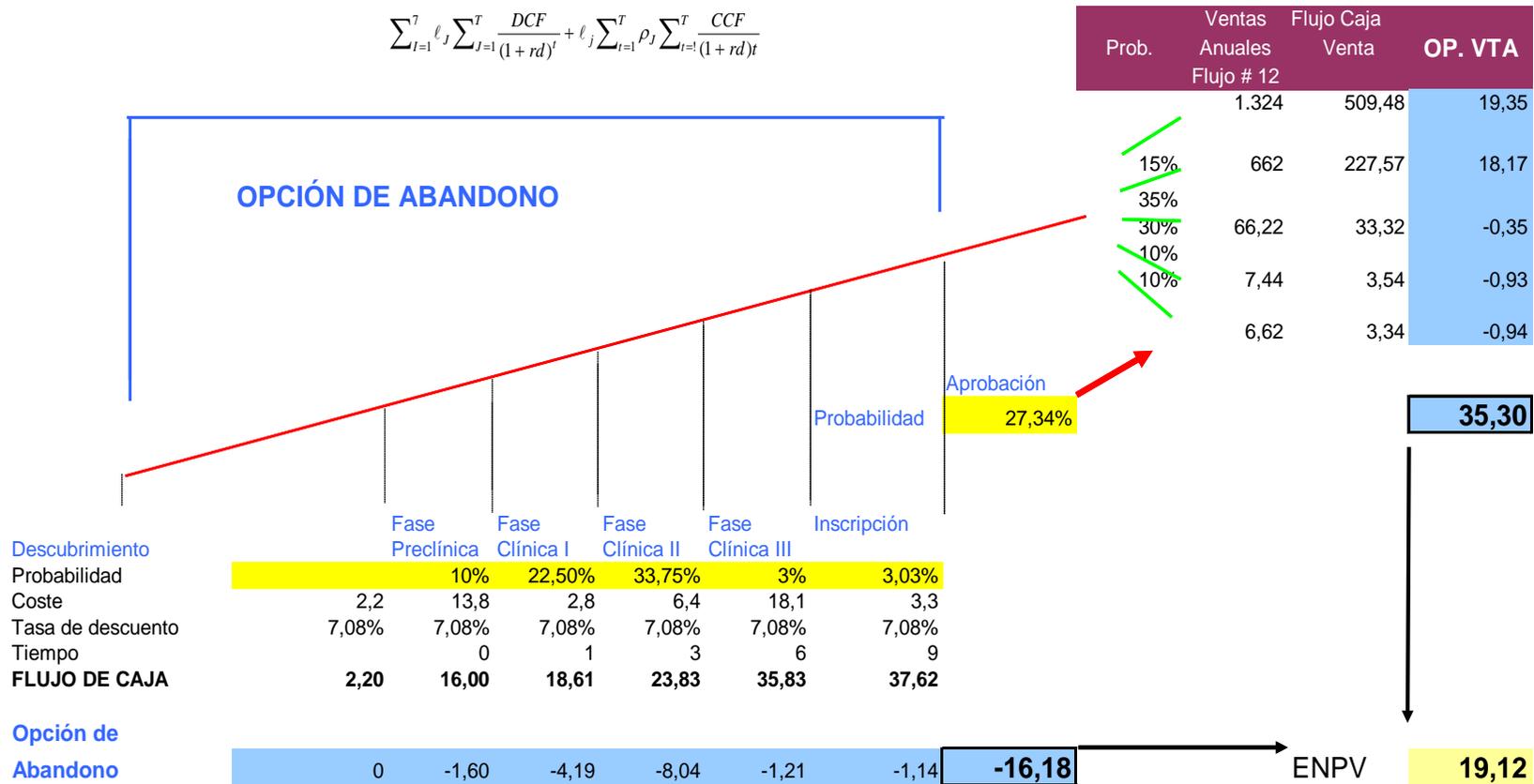
OPCION DE ABANDONO EN FASE PRE CLINICA

ÁRBOL DE DECISIÓN

Compuestos: Thiocoraline, Crambescidine, Ishomo halichondrine, Varioline, Lamellarine, Trunkamide

Para un compuesto que se encuentra en fase Pre-clínica.

$$\sum_{t=1}^7 \ell_j \sum_{J=1}^T \frac{DCF}{(1+rd)^t} + \ell_j \sum_{t=1}^T \rho_j \sum_{t=1}^T \frac{CCF}{(1+rd)^t}$$

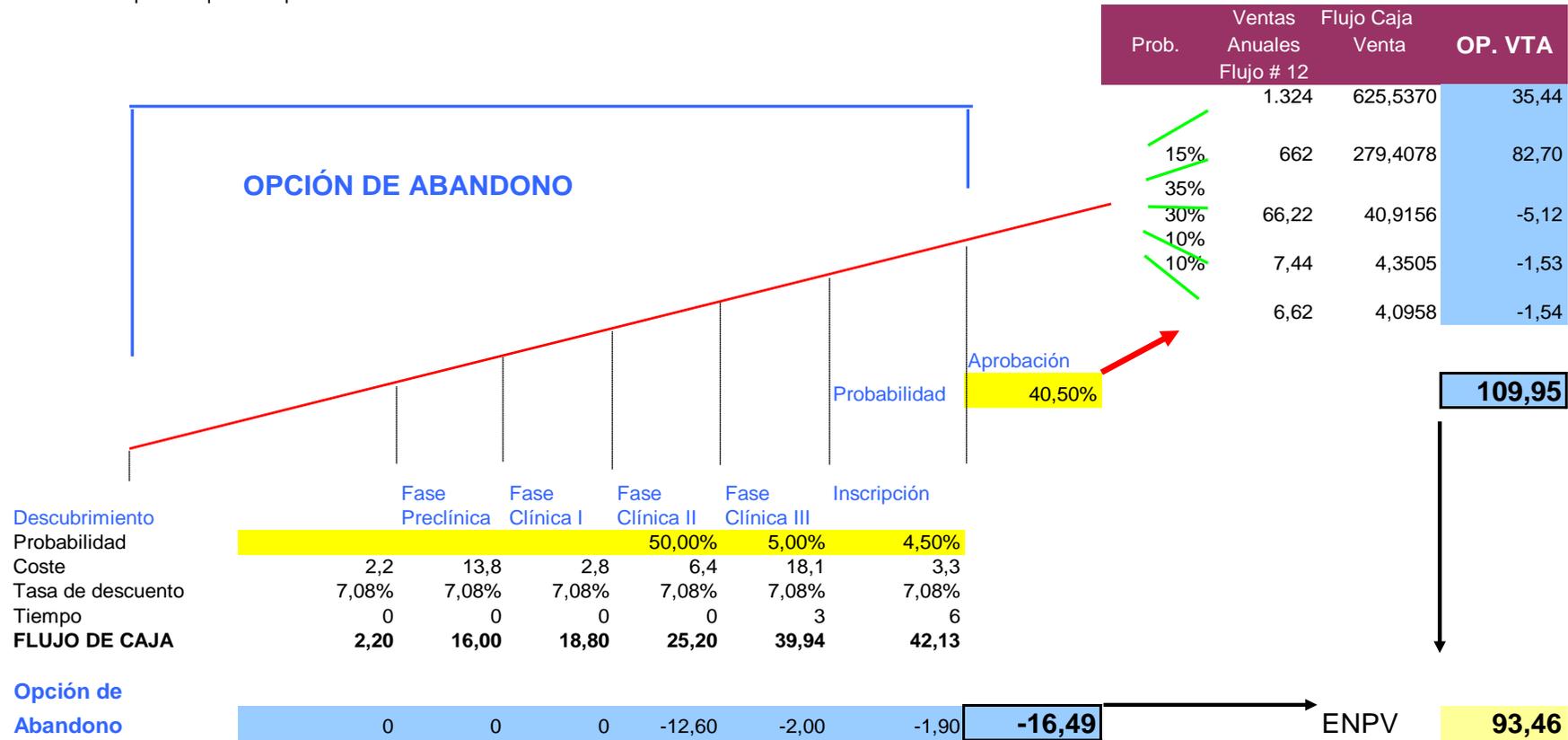


OPCION DE ABANDONO EN FASE PRE CLINICA II

ÁRBOL DE DECISIÓN

Compuesto: Aplidine.

Para un compuesto químico que se encuentra en fase clínica.

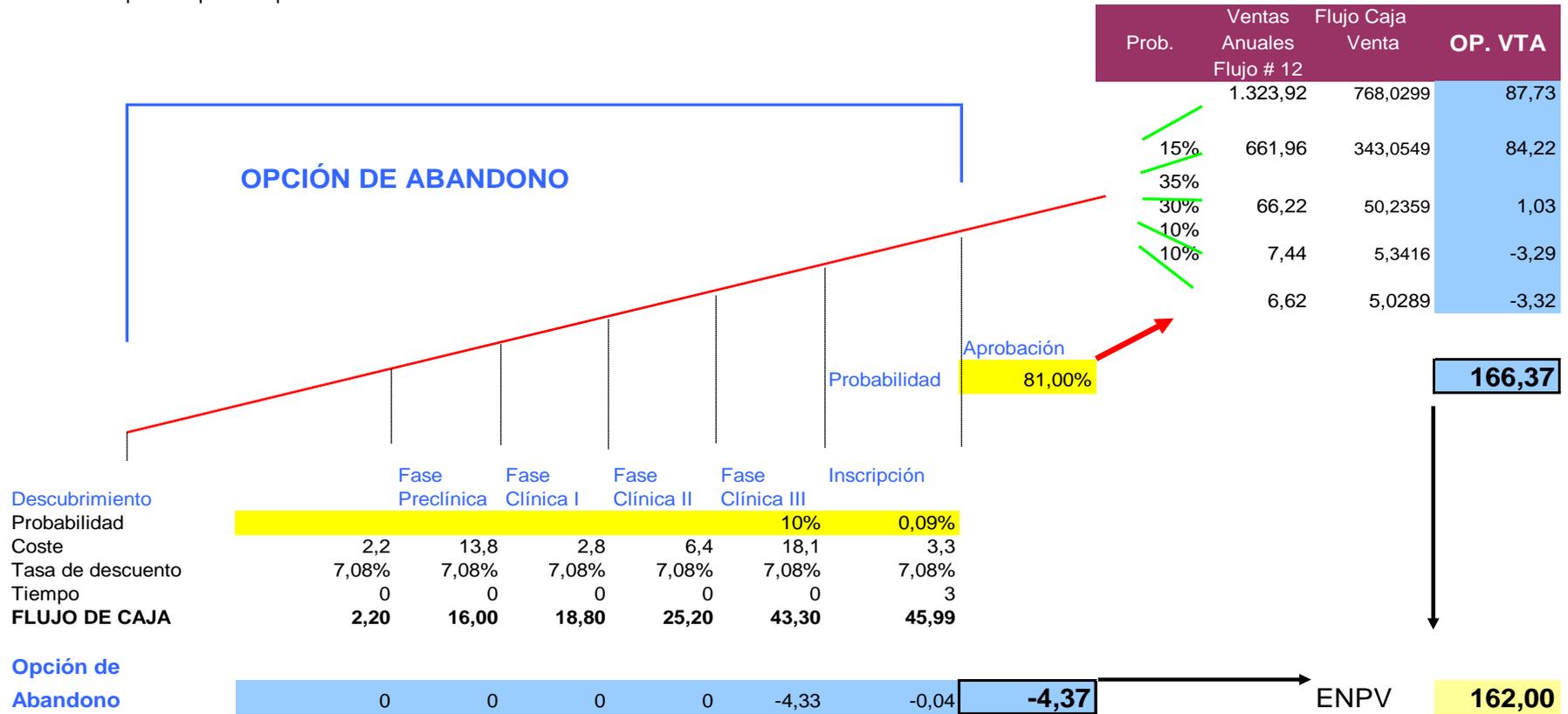


OPCION DE ABANDONO EN FASE PRE CLINICA III

ÁRBOL DE DECISIÓN

Compuesto: ET-743.

Para un compuesto químico que se encuentra en fase clínica III.



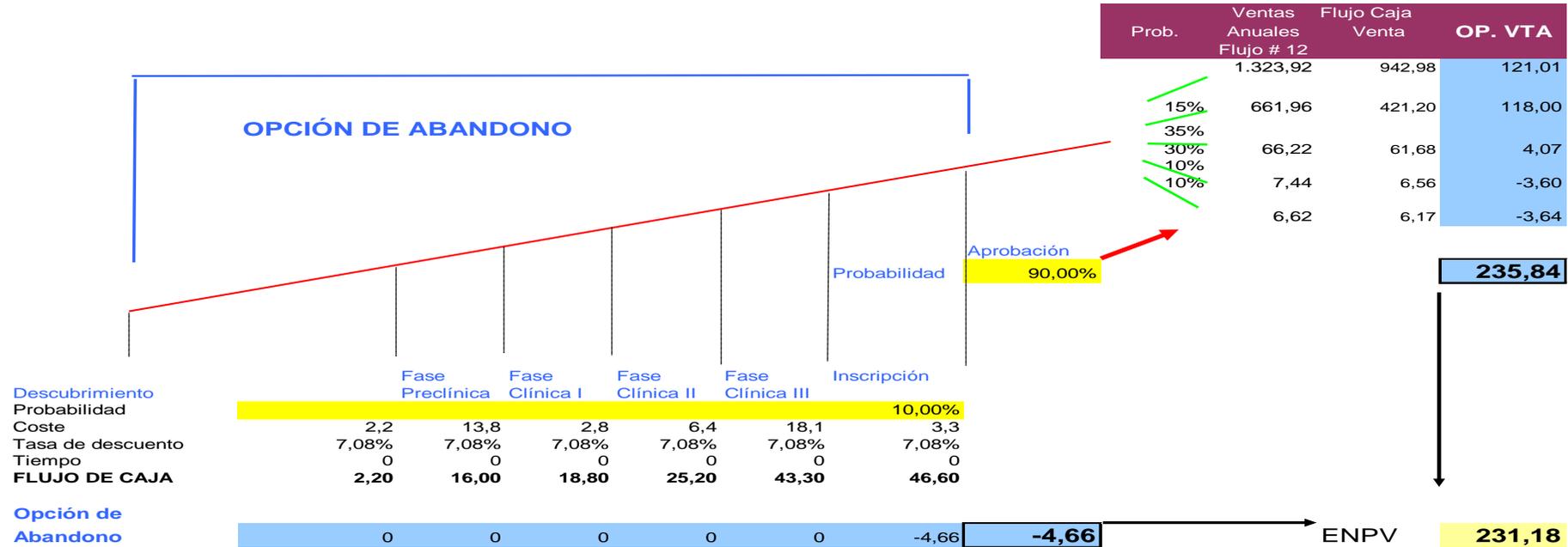
OPCION DE ABANDONO PARA UN COMPUESTO EN FASE DE APROBACION

ÁRBOL DE DECISIÓN

Para un compuesto que se encuentra en fase de aprobación.

Compuesto: ET-743.

Para Sarcoma.



En el siguiente cuadro resumimos los valores hallados para los distintos compuestos que Zeltia posee. La valoración total nos arroja 851,85 millones de US\$, esto dividido entre el número de acciones de la compañía (200,7 millones) nos daría una aproximación al precio objetivo por acción de la compañía, ubicado en 4,24 US\$, al tipo de cambio de 1.2 US\$ por EUR (hipótesis para aproximarnos al valor en Euros), obtendríamos en valor objetivo por acción de la compañía de 3,54 EUR, adicionalmente, se le debe agregar la valoración que tiene la compañía desde el punto de los negocios tradicionales (según Deutsche Bank) asciende a 2,10 EUR³⁰, obteniéndose un precio objetivo de la compañía de 5,64 EUR.

³⁰ Ver página 14 de Análisis Financiero N° 92 (en resumen se indica la valoración de negocios tradicionales : Zelnova (0,4) + Xylazel (0,5) + Pharma Gen (0,03) + Alquileres (0,3) + Caja Neta (0,65) + Otras Inversiones (0,22) = 2,10 Euros

**RESUMEN DE VALORACIÓN DE CARTERA DE ZELTIA
(AL FINAL DE CADA FASE)
(Millones US\$)**

	Descubrimiento	Fase Preclínica	Fase I	Fase II	Fase III	Inscripción
Valor Unitario	8,22	19,12	25,78	93,46	162	231,18
Valor Total	411	133,84	51,56	93,46	162	0
SUMATORIA DE VALORES						851,86

Fuente : Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Myers and Howe 1997)
Elaboración : propia

La valoración tradicional (VAN clásico) indica que la empresa Zeltia reporta un valor de 5.17 um por acción; en cambio el procedimiento de Valoración por Opciones Reales bajo ÁRBOLES DE DECISIÓN que incorpora OPCIONES DE VENTA (en el caso de comercialización) u OPCIONES DE ABANDONO (en caso de desistimiento) reporta 5.64 um por acción

La diferencia 0.47 um indica que Zeltia una distorsión de la valoración en 8.33% menor, que visto por los 200,7 millones de acciones en circulación representa un monto muy considerable

Con estos resultados demostramos que la aplicación de las opciones reales como una herramienta de evaluación para proyectos de inversión con flexibilidad operativa. (Hipótesis General) valoriza con mayor certeza a la empresa

4.1.4 Valoración por Opciones Reales: Método Binomial

Siguiendo las teorías de Kulatilaca, el método binomial también fue aplicado por Kellog y Charnes para la valorización de la empresa Agouron. En primer lugar, debemos partir de un valor de referencia “A” que será el VAN medio de los flujos de caja generados para los diferentes rangos de ventas en el momento de lanzamiento del producto:

$$A = \sum_{t=1}^T \rho_J \sum_{t=1}^T \frac{CCF}{(1+rd)^t}$$

$$A = 0,15 * 942,98 / (1+ 0,0708)^{12} + 0,35 * 421,20 / (1+ 0,0708)^{12} + 0,30 * 61,68 / (1+ 0,0708)^{12} + 0,10 * 6,56 / (1+ 0,0708)^{12} + 0,10 * 6,17 / (1+ 0,0708)^{12} = 135,82$$

A partir del dato, descontamos A para cada momento 0, en función de la fase de desarrollo del producto, después proyectamos lo que puede hacer “A” en el futuro siguiendo una distribución binomial. A puede seguir dos caminos al final del primer año de comercialización: subir en el factor “u”, esto sería A*u, o disminuir en el factor “d”, esto sería A*d.

“u” y “d” se determinan a partir de la tasa de volatilidad de los precios de la compañía cotizada en bolsa o calculando la volatilidad de los cash flows utilizados en el apartado anterior a través de la Simulación Montecarlo (Media = 5,92, Desv. Típica = 2,10, luego en términos porcentuales la Media variará +- 35,4%).

Aplicaremos el modelo, considerando 12 etapas, debemos calcular entonces el valor de “A” que será descontado igual a 135,82 millones US\$. A partir de aquí empezará a crearse el árbol binomial para 12 etapas o periodos, obteniéndose el siguiente cuadro:

Determinamos los “valores opciones A”, elaboramos un segundo árbol binomial. El valor resultante en el último brazo del primer árbol se pondera por la probabilidad de éxito de la última fase y se sustrae el coste pagado en concepto de investigación y desarrollo del producto que funciona a modo de precio de ejercicio. A continuación mostramos los costos de desarrollo de cada fase que será nuestro insumo para el siguiente árbol. El valor del compuesto en el momento 1 corresponde a una fase de descubrimiento. En el último brazo del primer árbol se añade la probabilidad de éxito de la última fase (0,90) y se sustrae el coste pagado en concepto de investigación y desarrollo del producto que funciona a modo de "precio de ejercicio", posteriormente se aplica la teoría binomial y se calculan el resto de los valores, volvemos a sustraer el precio de ejercicio en cada fases y añadimos la probabilidad de éxito de la fase sólo en el último año, considerando 1 para el resto de los años. La probabilidad total es $0,60*0,90*0,75*0,50*0,90*0,90=0,16740$, la misma utilizada en el árbol de decisión para la fase de descubrimiento

Costos de Desarrollo

I+D	Coste Total	# Años	Prob. Cond.
Descubrimiento	2,2	1	0,6
Pre Clínica	13,8	3	0,9
Fase I	2,8	1	0,75
Fase II	6,4	2	0,5
Fase III	18,1	3	0,9
Inscripción	3,3	3	0,9
Post Aprobación	31,2		1,0

Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Myers and Howe, 1997)

Elaboración: Propia

OPCION DE CRECIMIENTO

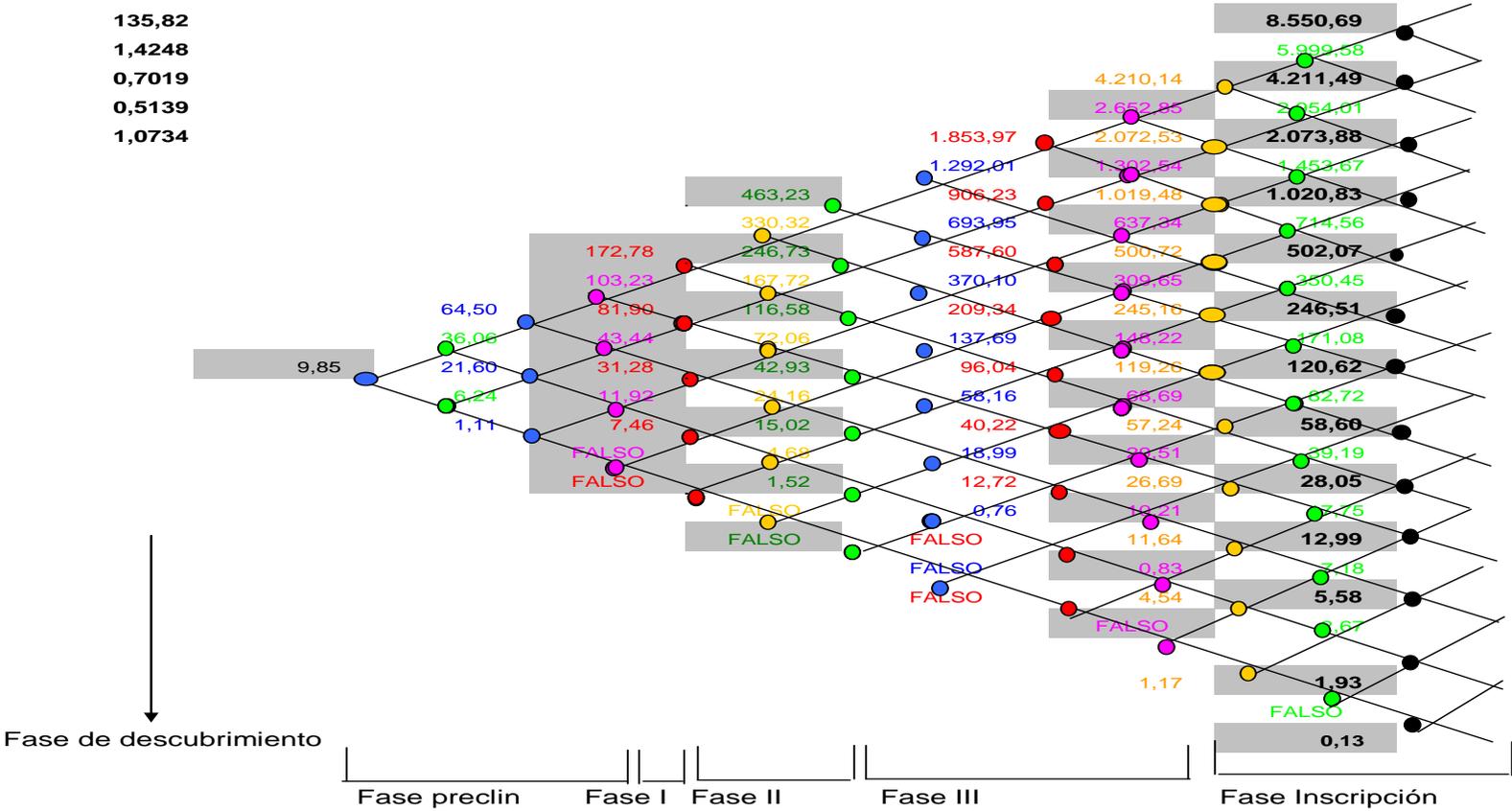
PARA UN COMPUESTO EN FASE DE DESCUBRIMIENTO

2ª OPCIÓN DE CRECIMIENTO. COMP ESTUDIO CON VOLATILIDAD DE LOS CASH FLOW

2ª OPCIÓN DE CRECIMIENTO

PARA UN COMPUESTO EN FASE DE DESCUBRIMIENTO

- A= 135,82
- u= 1,4248
- d= 0,7019
- P= 0,5139
- e^{7,08%} 1,0734



Hemos hallado el valor esperado de cada periodo en función de valores futuros, puesto que ponderamos cada valor posible futuro por su probabilidad de ocurrencia y posteriormente descontamos a la tasa libre de riesgo la suma de dichas ponderaciones. Finalmente restamos los gastos de investigación habidos en el periodo a modo de “leakers” o pérdidas de valor.

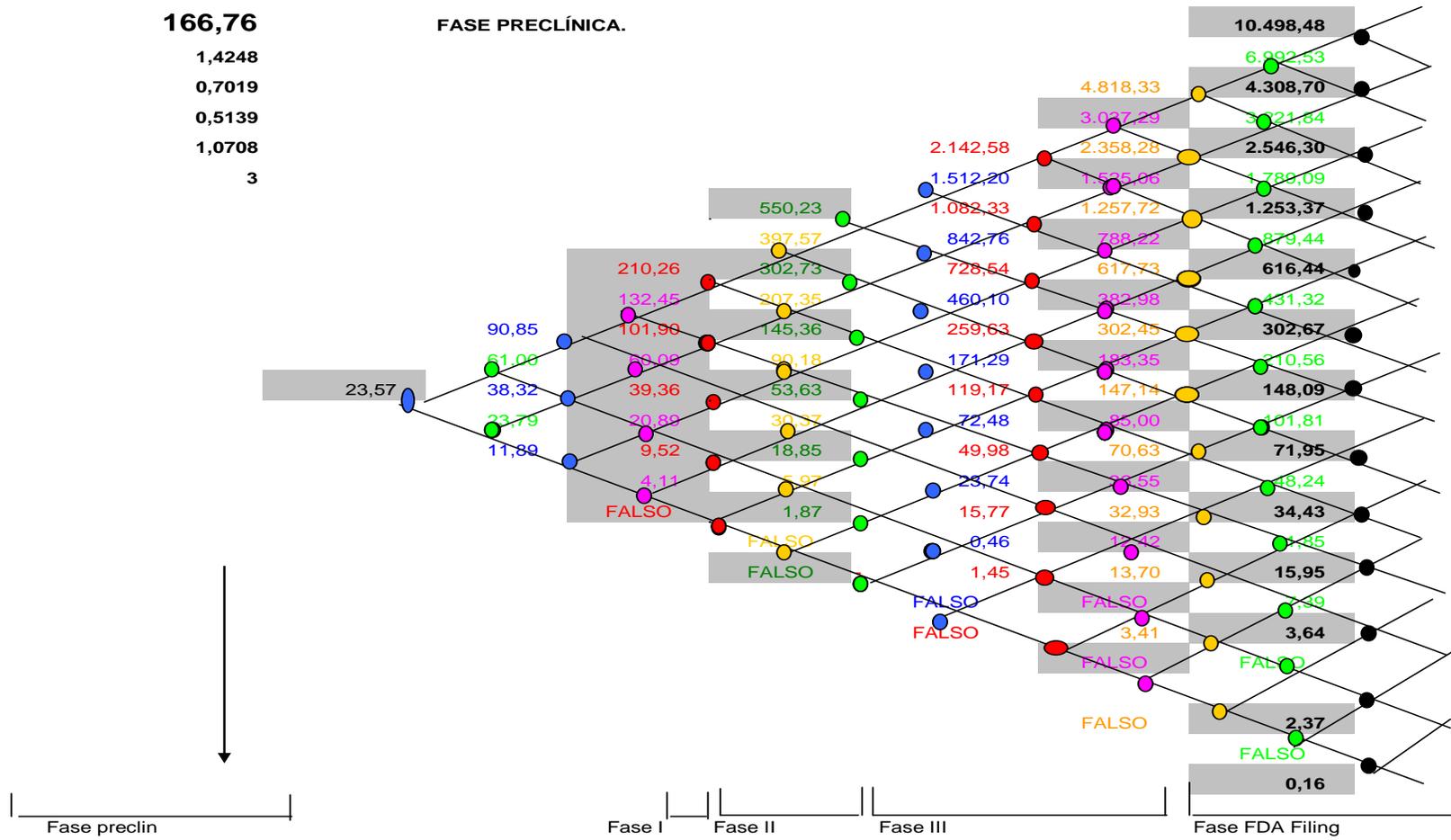
De forma similar, obtendríamos los demás nodos hasta llegar al valor inicial o actual del proyecto que incluye la opción de crecimiento. El dato así obtenido representa el valor de un compuesto en fase de descubrimiento. Realizamos el mismo procedimiento para las demás fases, así obtenemos los siguientes árboles:

OPCION DE CRECIMIENTO

FASE PRE CLINICA

2ª OPCION DE CRECIMIENTO. COMP ESTUDIO CON VOLATILIDAD DE LOS CASH FLOW

A= 166,76
u= 1,4248
d= 0,7019
P= 0,5139
(1+i)= 1,0708
n 3

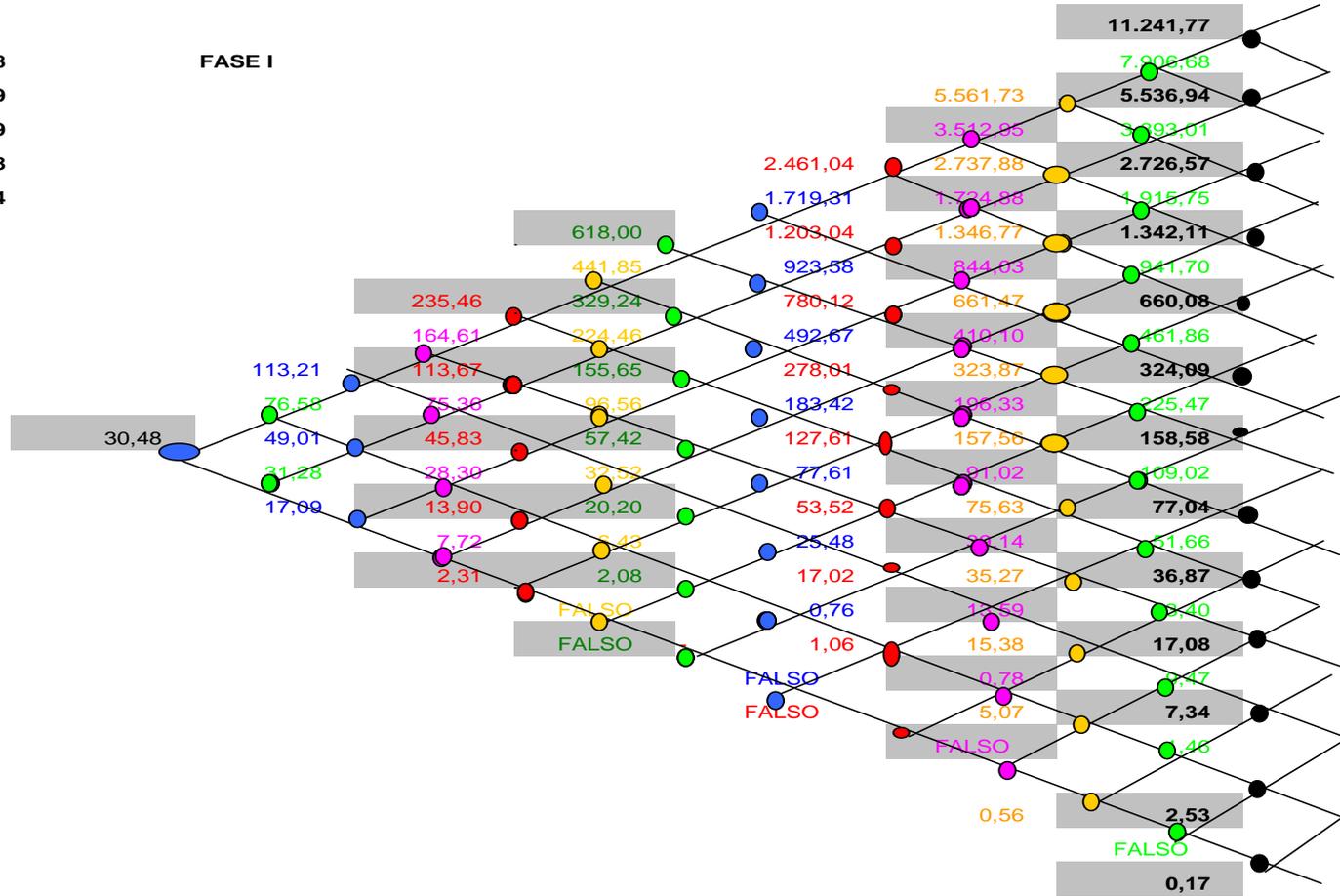


OPCION DE CRECIMIENTO

FASE I

2ª OPCIÓN DE CRECIMIENTO. COMP ESTUDIO CON VOLATILIDAD DE LOS CASH FLOW

A= 178,56
u= 1,4248
d= 0,7019
P= 0,5139
(1+i)= 1,0708
n 4

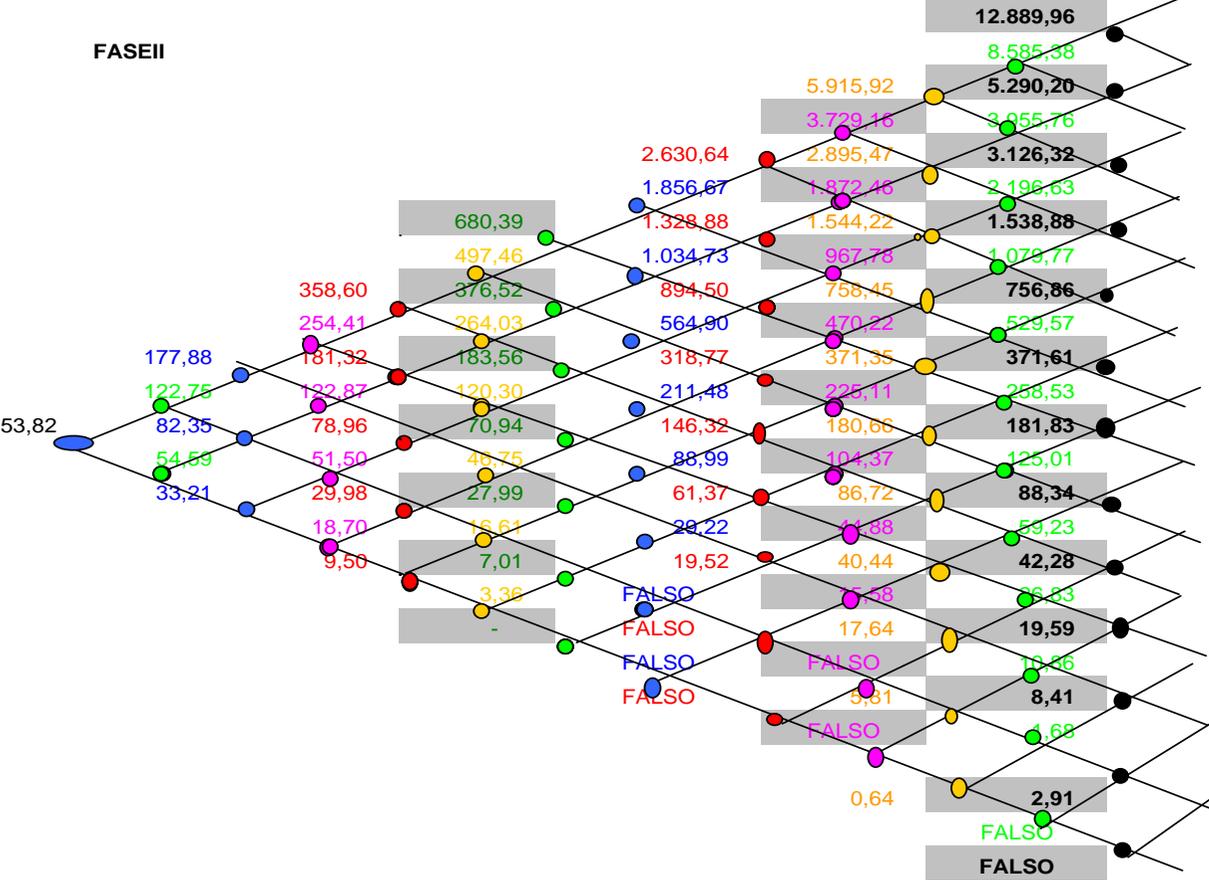


OPCION DE CRECIMIENTO

FASE II

2ª OPCIÓN DE CRECIMIENTO. COMP ESTUDIO CON VOLATILIDAD DE LOS CASH FLOW

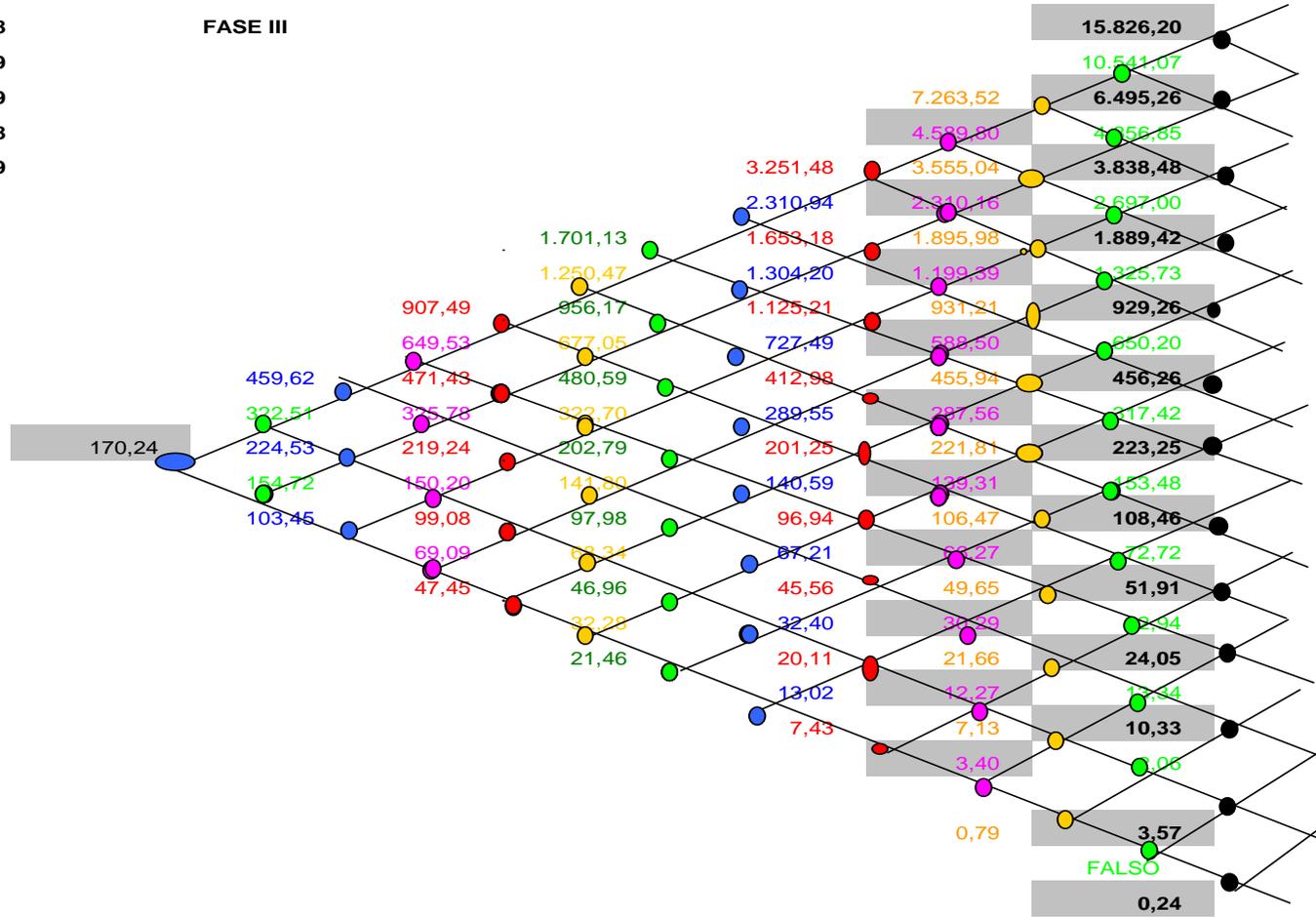
A= 204,74
u= 1,4248
d= 0,7019
P= 0,5139
(1+i)= 1,0708
n 6



OPCION DE CRECIMIENTO FASE III

2ª OPCIÓN DE CRECIMIENTO. COMP ESTUDIO CON VOLATILIDAD DE LOS CASH FLOW

A= 251,38
u= 1,4248
d= 0,7019
P= 0,5139
(1+i)= 1,0708
n 9



A continuación se adjunta una tabla resumen de la valoración de los distintos compuestos de Zeltia a través de este método:

MÉTODO BINOMIAL

RESUMEN DE VALORACIÓN DE CARTERA DE ZELTIA (Millones US\$)

(AL FINAL DE CADA FASE)

	Descubrimiento	Pre Clínica	Fase I	Fase II	Fase III	Inscripción
Valor Unitario	9,85	23,57	30,48	53,82	170,24	240,05
Valor Total	492,75	165,01	60,97	53,82	170,24	0,00
SUMATORIA DE VALORES						942,79
Fuente: Análisis Financiero N° 92. 2003 (Myers and Howe, 1997)						
Elaboración : propia						

Resultado de la Valoración:

Esta valoración determina una opción de crecimiento de 4,70 US\$ por acción (942,79 US\$ / 200,7), al tipo de cambio 1,20 US\$/Eur, tendríamos una gruesa aproximación en 3,91 Eur por acción, adicionamos el valor que la compañía arroja a través de sus negocios tradicionales de 2,10 Euros y el valor por acción se ubicaría en niveles de 6,01 Euros por acción.

Si consideramos que la evaluación tradicional reporta un valor de 5.17 um por acción y que la evaluación utilizando tasa de descuento múltiple en la fase Pre Clínica y las fases de crecimiento I, II, y III en la opción de Inscripción con el método binomial múltiple asciende a 6.01 um por acción. En este proceso se están incorporados todos los activos que dan valor al proyecto, la diferencia implica una distorsión del valor de la acción en 13.97%

Dada la cotización de la acción se ubicaba en 5,90 euros por acción podemos concluir que la acción se encuentra en los niveles esperados de su valor por acción que dada la sensibilidad por las tres variables mencionadas estaría acotada entre

5,17 euros por acción y 5,92 euros por acción. Ver a continuación las cotizaciones históricas puntuales de la compañía:

COTIZACIÓN DE ZELTIA EN LOS ÚLTIMOS TRES AÑOS

	Cotización EUR / acción
Hoy (2005)	5,9
3 meses	6,6
6 meses	5,4
1 año	5,7
2 años	8,7
3 años	7,7
Fuente : YahooFinance	
Elaboración : Propia	

Adicionalmente, si analizamos las recomendaciones de otros analistas podemos observar que el precio objetivo de la media del consenso es 5,91 euros por acción, considerando como máximo 7,5 euros por acción y 3,7 euros por acción como mínimo. También podemos observar que las recomendaciones apuntan a mantener una posición neutral y/o vendedora.

TENDENCIAS EN LAS RECOMENDACIONES DE LOS ANALISTAS

Número de brokers que recomiendan	Mes actual	Hace un mes	Hace dos meses	Hace tres meses
Comprar	1	2	2	3
Sobreponderar	0	0	0	0
Neutral	4	3	2	3
Infraponderar	1	1	0	1
Vender	5	2	3	2
Recomendación media	2,4	2,1	2,1	1,9

* (Venta) 1 - 3 (Negativa)

Fuente : YahooFinance

Elaboración : propia

4.2 Relación entre las variables

En la presente investigación la variable “El valor de los proyectos de inversión privada con flexibilidad operativa” depende de la metodología de las “Opciones Reales” (Variable independiente) y las opciones reales consiste en las distintas oportunidades que se le presentan al inversionista, estas oportunidades pueden ser “Invertir”, “postergar la inversión”, “abandonar la inversión”, “Crecimiento de las inversiones”, “Vender el Proyecto” entre otras; las decisiones serán tomadas de acuerdo a la experiencia del inversionista (aprendizaje) ; en esta investigación se tiene la experiencia de haber recurrido a la opción de “venta” u “abandono” del proyecto, estas opciones reales generan un valor al proyecto distinto y de mayor confiabilidad; por ejemplo el valor del proyecto por su medición tradicional es S/. 5.17 y con la inclusión del valor de las opciones de abandono y venta, el valor final es de S/.5.64, cuanto más opciones reales se incluya en esta metodología (Árboles de decisión) en el valor del proyecto será más representativo fundamentalmente

“El valor de los proyectos de inversión privada con flexibilidad operativa” tiene una relación de dependencia de la tasa de descuento utilizada sobre los flujos correspondientes de las opciones. Tradicionalmente la tasa de descuento aplicada es una tasa única e invariable en el tiempo; en cambio las opciones implican tasas implícitas a cada opción, aplicándose en este

caso tasas de descuento múltiple, de manera que el valor del proyecto depende las tasas de descuento que se incorporen.

Los proyectos con flexibilidad operativa (múltiples opciones de inversión) generan a la vez enésimas probabilidades de llevarse a cabo, esta característica hace más volátil al proyecto ello el precio medio es sometido a iteraciones con los cuales se tiene un resultado mejorado, y el valor de proyecto dependerá de la cantidad de iteraciones que se apliquen “ a mayor iteraciones, mayor certeza del valor de las opciones”.

4.3 Contrastes con las hipótesis

4.1 Relación de los resultados con las hipótesis

Si consideramos la hipótesis General que asumía valorizaciones más confiables por opciones reales en comparación con el valor obtenido por el método tradicional pues hoy podemos afirmar que este supuesto se ha dado por corroborado pues todas las valorizaciones por Opciones Reales muestran resultados con desviaciones una varianza de 0.0255 en relación a la valoración del mercado que se considera una valoración real mientras la valoración correspondiente al flujo de caja descontado dista de la valoración del mercado en 0.1252 puntos por acción. La hipótesis se refuerza si consideramos que el flujo de caja descontado solo evalúa el flujo como una única opción de inversión, mientras que la metodología de las opciones reales incorpora a la evaluación de múltiples opciones de inversión.

La concordancia de los resultados con la Hipótesis específica N° 1 referida a que la incorporación de tasas de descuento múltiple mejora el valor de los proyectos con flexibilidad operativa utilizando el método binomial con los resultados obtenidos por ese método indica que la hipótesis es válida en tanto el resultado obtenido refleja un mejor valor debido a que el resultado obtenido comprende la valoración de la opción de crecimiento en su fase de descubrimiento y la valoración de la opción de crecimiento compuesto con la volatilidad los flujos de caja en su fase pre clínica I,II y III. El valor obtenido €6.01 es muy cercano a su valor de mercado que es de € 5.91 en comparación al valor de FCD que es €5.17.

La relación de la hipótesis N° 2 referida a que la incorporación de las opciones de venta y abandono aplicando la el método de árboles de decisión dan mayor certeza a la valoración también está probada al compararse el resultado € 5.64 por acción versus el resultado del

FCD € 5.17, pues la valoración por el método binomial está más cercano a la valoración del mercado €5.91

Finalmente la hipótesis N° 3 que postula la utilización de simulaciones aleatorias para mayor certeza en la valoración también se cumple, pues al hacer uso de un millón de iteraciones el acercamiento de la valoración a la de la cotización del mercado solo difiere de €0.01

Relación de los resultados con el marco teórico

En el marco teórico se planteó dos enfoque para la evaluación de proyectos, el tradicional y el de las opciones reales.

En el caso de esta investigación el resultado aplicando el método tradicional que consiste en descontar el flujo de caja una determinada tasa de descuento ponderada 7.08% que opera para una decisión única e irreversible de inversión, asumiendo esta tasa como constante (perpetua) sin contemplar la volatilidad de los mercados que conducen a múltiples opciones

En contraste la teoría de las opciones reales que si considera la volatilidad del mercado en parangón con la metodología de las opciones financieras utilizadas para valorar acciones en condiciones de volatilidad conduce a mejores resultados al obtener un valor más cercano a la del mercado, tal como se sustenta en el apartado anterior

Relación de los resultados con los antecedentes

Desde Stuart Myers (1977) pasando por Fernández (2001) hasta la actualidad los esfuerzos por aplicar esta teoría aún son incipientes debido a que esta metodología se ha concebido para proyectos con flexibilidad operativa y de alta volatilidad en el mercado por ende restringido solo a empresas que cotizan en bolsa. A partir de ello a través de esta investigación nos sumamos a este aporte metodológico con la aplicación a la empresa Zeltia que por reunir los requisitos ha sido de utilidad para demostrar la eficiencia de esta metodología de valoración

4.4 **Discusión de los resultados**

Según Myers la teoría de opciones tiene un origen puramente financiero, se usa ampliamente como estrategia de cobertura de riesgos para inversiones en valores o acciones e inclusive existen opciones sobre el movimiento de precios de activos financieros diversos como monedas o el índice bursátil.

Desde el punto de vista económico, la inversión se define como el acto de incurrir en un costo inmediato con la esperanza de recompensas futuras (³¹Dixit y Pindyck, 1994). La mayoría de las decisiones encierran en mayor o menor medida tres peculiaridades: la irreversibilidad de la inversión, la incertidumbre sobre el futuro y la incertidumbre sobre el momento adecuado para llevar a cabo la inversión.

Estos tres aspectos influirán sobre el valor que la inversión genera para la empresa, y por tanto influirán también sobre la reacción del mercado de acciones.

La consideración de las opciones reales supone una modificación importante en la cuantificación de los flujos esperados de caja esperados por la empresa históricamente tratados de manera tradicional bajo el mecanismo de Flujos Descontados. La principal crítica que se le atribuye a los criterios clásicos es que no consideran la modificación en las decisiones de gestión conforme se resuelven las fuentes de incertidumbre bajo las que se tomaron las decisiones iniciales, y por lo tanto no se asigna adecuadamente el valor que de tales decisiones se deriva. Los criterios tradicionales de evaluación de inversiones realizan supuestos implícitos sobre el escenario esperado de los flujos de caja y presuponen que los directivos mantendrán pasivos una vez decidida la estrategia o la puesta en marcha del proyecto. Para tratar esta deficiencia, en la literatura se propone la utilización de modelos de descomposición, como árboles de decisión, que permiten reconocer la flexibilidad de la empresa en su

³¹ **Investment under Uncertainty**
Avinash K. Dixit & Robert S. Pindyck

toma de decisiones. Sin embargo para poder calcular el beneficio esperado es necesario a priori probabilidades de ocurrencia a cada posible estado de naturaleza.

La metodología basada en las opciones reales posibilita reconocer la flexibilidad de las decisiones de la empresa sin que afecte la probabilidad de ocurrencia de los sucesos, ya que permiten obtener probabilidades “neutrales al riesgo”. Esta importante ventaja sobre los métodos anteriores, ha hecho que sean múltiples los trabajos de opciones reales que se han centrado en contrastar las deficiencias en la valoración a través de los modelos clásicos cuando los proyectos de inversión encierran opciones futuras.

La discusión siempre estará presente sobretodo en relación a los supuestos que incorpora esta teoría, los resultados obtenidos en esta demostración pueden ser discutibles u observados en razón de que la comparación referente es la valoración de la cotización de mercado de la acción a la que se le atribuye veracidad por la creencia de que el mercado expresa la real valoración debido a que los agentes actúan libremente, sin presiones y con decisiones racionales; sin embargo existe el sesgo del mercado bursátil por comportarse en varios periodos con alto sesgo especulativo con tardíos periodos de corrección.

En los resultados de esta investigación la discusión estriba en que el valor de las acciones de Zeltia hallados por la metodología de las opciones reales resultan preponderantemente de mayor valor en relación al valor hallado por el método tradicional tal como se muestra en la gráfica del resumen; pero la discusión está en la validez de esta metodología con el valor del mercado. El valor del mercado según los teóricos del libre mercado refleja el verdadero precio de una acción, ello no es tan cierto porque los mercados fundamentalmente secundarios están sesgados por una serie de influencias especulativas que distancian a la acción de su verdadero precio de fundamento, aun cuando se argumente que el mercado corrige tarde o temprano los precios, o cuando se argumente según bolsistas que el mercado “castiga” o “premia” a las acciones.

Quedará pendiente siempre esta discusión de la validez de esta metodología de valorización de las empresas, pero si es certero que la metodología de las Opciones Reales halla valores de mayor certeza en relación a la metodología de valoración tradicional

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

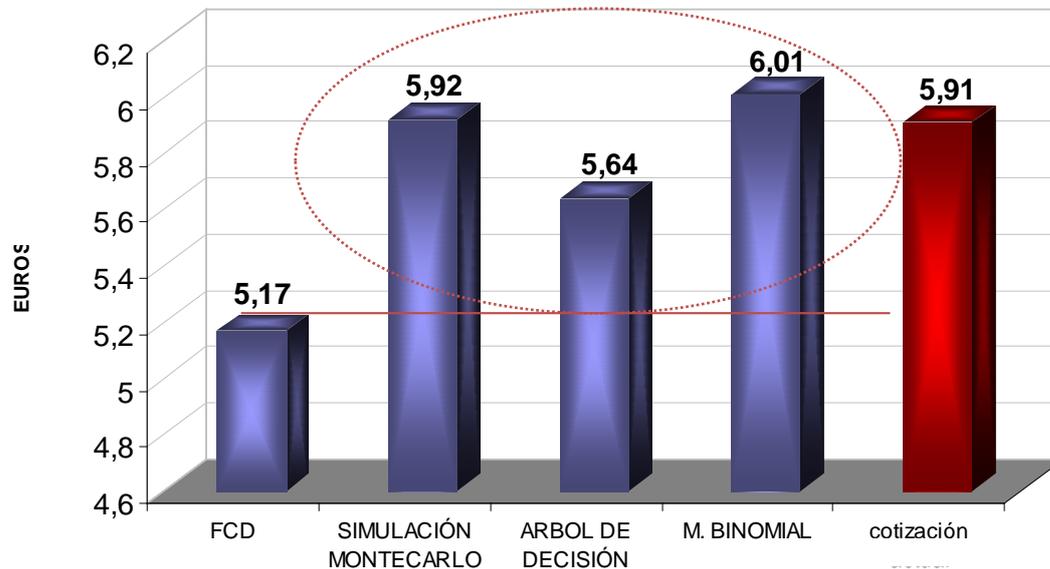
En primer lugar se concluye que la tasa de descuento (wacc ó CPC) aplicada en esta investigación 7.08% caracterizada por ser una tasa única, conocida, constante e invariable en el tiempo no es una tasa cierta y útil para la valoración de proyectos con flexibilidad operativa, por cuanto no considera las distintas tasas de descuento que corresponden los respectivos costos de oportunidad de cada opción del proyecto, ello se contrasta en esta investigación en tanto que el valor de la acción de Zeltia aplicando esta tasa de descuento ponderada resulta 5.17 por acción contra el valor del método binomial (que si considera una tasa de descuento múltiple) que genera un valor de 6.01 por acción, siendo más certero este valor por ser más cercano a al valor de mercado de la acción de 5.91 por acción

En segundo lugar se concluye que el VAN tradicional no es capaz de incorporar las opciones de los inversionistas como vender u abandonar el proyecto por ser una metodología válida para proyecto de inversión inmediata e irrestrictamente irreversible, mientras a través del instrumento de “Árboles de Decisión” si es posible incorporar estas opciones obteniendo una valorización de mayor confianza, en la investigación llevada a cabo, la aplicación de este instrumento reporta un valor de las acciones de Zeltia equivalentes a 5.64 um, valor de mayor aproximación al valor de mercado (5.91) en contraste con el 5.17 por acción correspondiente al método tradicional

En tercer lugar se concluye que el cálculo del VAN sin la incorporación de la aleatoriedad no valora con certeza los proyectos con flexibilidad operativa, pues se observó por el método de valoración a través de Flujos de Cajas Descontados que se obtiene un valor de 5,17 u.m. por acción, aplicando Simulación Montecarlo con 1.000.000 de iteraciones y sensibilizando a través del EBIT, Tasa de Descuento (WACC) y Crecimiento a perpetuidad (g) se obtiene una distribución lognormal con media 5,92 u.m por acción, con una gran aproximación al valor de mercado de la acción de 5.91 um por acción.

RESUMEN DE VALORACIÓN DE ZELTIA POR DIFERENTES MÉTODOS

Las opciones reales, árboles de decisión y Simulación de Montecarlo revelan un spread o diferencia en el valor por acción comparado con el FCD (Descuento de Flujos de Caja aplicando el VAN)



Elaboración: Propia

Esta aplicación ha comprendido las distintas opciones reales que a través de sus indicadores como el Valor actual de los activos operativos, el costo del proyecto de inversión, el tiempo de demora de la decisión, la volatilidad de los flujos de caja, el valor temporal del dinero, los flujos de caja renunciados demostrándose la infravaloración de los proyectos de inversión con flexibilidad operativa por el método tradicional como se muestra en la gráfica anterior.

Por lo tanto, se contrasta las hipótesis específicas, así como la hipótesis general. La flexibilidad operativa (opción de crecimiento, de venta, de abandono), la volatilidad, los cambios en las tasas de descuento, etc. se recogen con bastante precisión en la metodología de las Opciones Reales, marcando una diferencia significativa en cuanto a valor por acción relativamente sustancial en comparación con el método tradicional VAN.

Como se ha podido apreciar en la aplicación del método de la Simulación de Montecarlo la incorporación de tasas de descuento múltiples contribuyen a mejorar la valorización de los proyectos.

Asimismo queda demostrado que el Van Ampliado es más idóneo para la valoración de este tipo de proyectos

5.2 RECOMENDACIONES

Aplicar las Opciones Reales como una Herramienta de Evaluación Idónea en Proyectos de Inversión con Flexibilidad Operativa. De esta manera se logrará una gestión de calidad que permita que los proyectos de inversión con flexibilidad operativa sean correctamente valorizados en el sector privado.

Aplicar las Opciones Reales a proyectos cuando se dan las siguientes condiciones:

- Situaciones de alta incertidumbre donde hay grandes posibilidades de recibir nueva información con el tiempo.
- La dirección tenga flexibilidad para realizar cambios ante la nueva información
- El valor del proyecto sin incorporar la flexibilidad está cerca del umbral de rentabilidad, si el valor actual neto del proyecto es muy alto, el proyecto se llevará a cabo. Si por el contrario, el valor actual neto del proyecto es muy negativo difícilmente la flexibilidad financiera cambiará la situación.
- Explorar la aplicación de esta metodología a proyectos no cotizados en bolsa que reúnan las características de flexibilidad operativa

FLEXIBILIDAD

	Incetidumbre Probabilidad de recibir nueva información		
	BAJO		ALTO
Flexibilidad empresarial	ALTO	Valor medio de la flexibilidad	Valor alto de la flexibilidad
Capacidad de respuesta	BAJO	Valor bajo de la flexibilidad	Valor medio de la flexibilidad

Sustentar la Flexibilidad Operativa asociando a cada alternativa de decisión los recursos que la hagan posible.

Sustentar la Volatilidad del mercado realizando un análisis de riesgo a cada variable. Se aprecia en el presente trabajo a través de la Simulación de Montecarlo que se puede intentar sensibilizar la tasa de descuento para que no se mantenga uniforme, esto corrige relativamente el problema de utilizar una tasa única durante toda la vida del proyecto.

Sustentar el Aprendizaje, identificando las experiencias que conlleven a un aprendizaje en el contexto de incertidumbre.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMRAN, Martha y KULATILAKA, Nalim (2000): Opciones Reales. Gestión2000, Barcelona
2. AMRAN, Martha y KULATILAKA, Nalim (2000): "Strategy and Shareholder Value Creation: The Real Options Frontier". Journal of Applied Corporate Finance.
3. BACCHINI, Roberto (2008): Evaluación de Inversiones con Opciones Reales utilizando Excel. Universidad de Salamanca.
4. BACCHINI, Roberto y Javier FRONTI (2009): Evaluación de Inversiones con Opciones Reales (spanish edition). Editorial Omnicron System.
5. BLACK, F. y M. SCHOLES (1973), "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", The Journal of Political Economy.
6. BOER, F.Peter (2002): The Real Options Solution. John Wiley. Nueva York.
7. BREALY, Richard y Steward MYERS (2003), Principios de Finanzas Corporativas, Editorial McGraw Hill.
8. COPELAND, Tom y ANTIKAROV, Vladimir (2001): Real Options. A practitioner's guide. Texere. New York.
9. COX, J., ROSS, S. y RUBINSTEIN, M. (1979), "Options pricing: a simplified approach". Journal of Financial Economics. Nº 7.
10. COX, J., ROSS, S. y RUBINSTEIN, M. (1985): Options Markets, Ed. Prentice Hall. Engewood Cliffs (NJ).
11. DAMODARAN, Aswath (1999), "The Promise and Peril of Real Optinos", Working Paper, Stern School of Business.
12. DAMODARAN, Aswath (2000a), "The Promise of Real Options", Journal of Applied Corporate Finance, Volumen 13 nº2.
13. DAMODARAN, Aswath (2002): Investment Valuation, John Wiley, Nueva York, 2a Edición.

14. DIEZ, Luis y Juan MASCAREÑAS (1994), Ingeniería Financiera, Editorial McGraw Hill. Madrid. Segunda Edición.
15. FERNANDEZ, Pablo (1996a), “Opciones, Futuros e Instrumentos Derivados”, Ediciones Deusto.
16. FERNANDEZ, Pablo (1996b), “Derivados exóticos”, documento de investigación del IESE nº 308.
17. FERNANDEZ, Pablo (1996c), “Valoración de opciones por simulación”, documento de investigación del IESE nº 309.
18. GEMMILL, Gordon (1993), Options Pricing, Editorial McGraw Hill, Londres.
19. HULL, J. (2000): Options, Futures and Other Derivatives, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 3a ed.
20. LESLIE, K.J. y M.P. Michaels (1997), “The Real Power of Real Options”, The McKinsey Quarterly, nº3.
21. LUEHRMAN, Timothy A. (1995), “Capital Projects as Real Options: An Introduction”, Harvard Business School.
22. MARGRABE, William (1978), “The Value of an Option to Exchange One Asset For Another”, Journal Finance.
23. MCDONALD, R. y D. SIEGAL (1986), “The Value of Waiting to Invest”, Quantitative Journal of Economics.
24. MASCAREÑAS, Juan; LAMOTHE, Prosper, LÓPEZ, Francisco y LUNA, Walter (2004): Opciones Reales y Valoración de Activos. Prentice Hall. Madrid.
25. MOEL, Alberto y Peter TUFANO (2000 a), “When are real options exercised? An empirical study of mine closing”. Working Paper, Harvard Business School.

26. NATEMBERG, S. (1998), *Option Volatility and Pricing Strategies*. Editorial Probus, Chicago.
27. RAYO CANTON, Salvador y Antonio CORTES ROMERO (2007): *Valoración de Proyectos de Inversión con Opciones Reales. Fundamentos matemáticos, financieros y evidencia empírica*, Universidad de Granada., Granada.
28. RUBIO, Gracia (2003), “Valoración de compañías biotecnológicas a través de opciones reales”. *Análisis Financiero* N°92. Octubre 2003.
29. TRIGEORGIS, Lenos y MASON, Scott (1991), “Valoración de la Flexibilidad Futura en las Decisiones de Inversión”, *Análisis Financiero* 54, pp. 54-64.
30. TRIGEORGIS, Lenos (1995): *Real Options in Capital Investments*, Praeger, Westport.